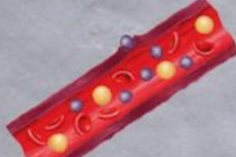
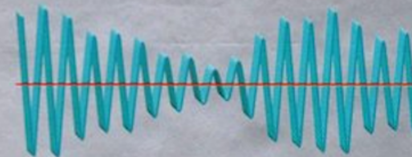
كتب الفراشة
الموسوعة العلمية المعاصرة

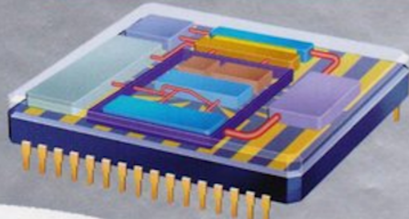




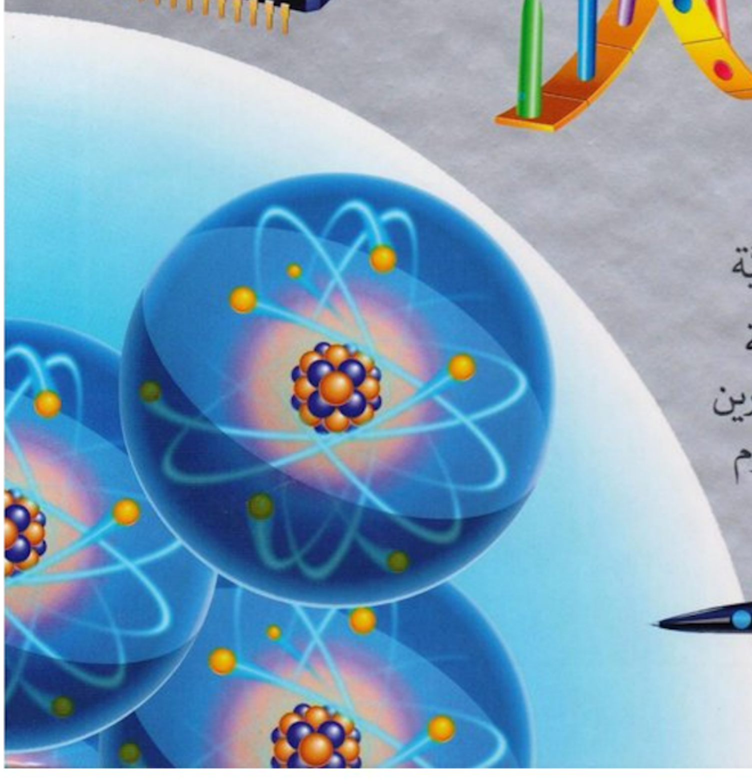




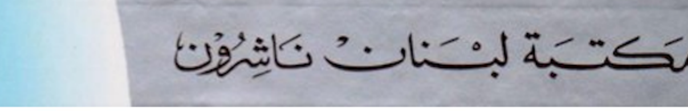
المَوسُوعَة العِلْمِيَّة المُعاصِرَة



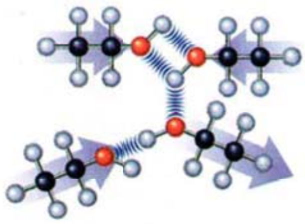


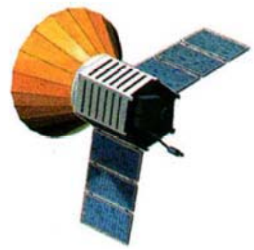


- أكثَرُ مِن 3,500 مدخَلٍ مُوثَّق المُعالجَة
- وَمَا يَزيدُ على 2,500 رَسْمٍ وَصُورَةٍ تَوضيحيَّة
- إضافَةً إلى مَسْرَدٍ بالمُصْطَلحاتِ الأساسِيَّة المُعرَّفَة وَقوائِمَ مُصوَّرَةٍ بسِيَرِ العُلَماء المَشهورين وَالتَّواريخِ وَالمُختَرعاتِ المُهِمَّة في دُنيا العُلوم

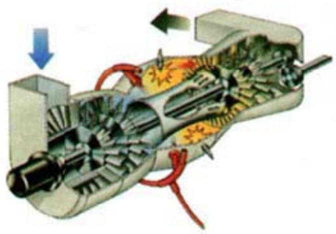


مكتبة لبنان ناشرون





المَوسُوعَة
العِلْميَّة المعَاصِرَة






إعداد

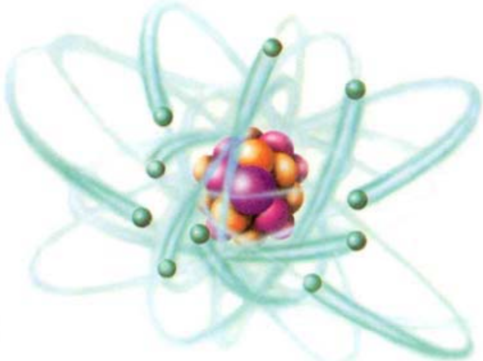
أحمد شفيق الخطيب

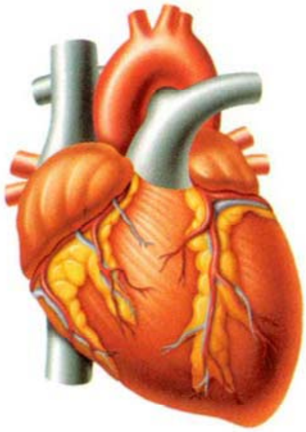
يوسُف سُليمان خير الله

رئيس التحرير

أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان ناشرون





كينغ فيشر
مكتبة لبنان ناشرون ش.م.ل

نشر مكتبة لبنان ناشرون
بالتعاون مع شركة كينغ فيشر للنشر




مكتبة لبنان ناشرون
صندوق البريد : 11-9232
بيروت - لبنان

وكلاء وموزعون في جميع أنحاء العالم

الطبعة الأولى : 2004
طبع في لبنان

ISBN: 9953-33-601-6











المَوْسُوعَة العِلْمِيَّة المُعَاصِرَة







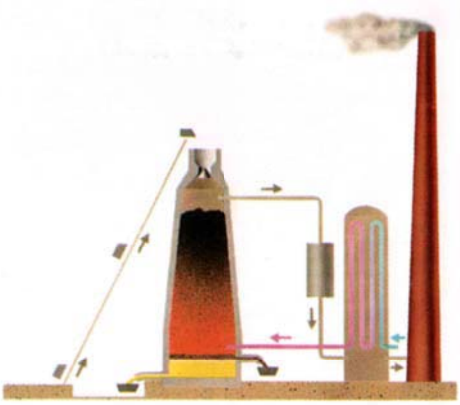


مَكتبة لبنان ناشِرُون

المُحْتويات

الفَصْلُ الخامِس

المَوادُّ والتِّقانَات



الفَصْلُ السَّادِس

الضَّوءُ والطَّاقة



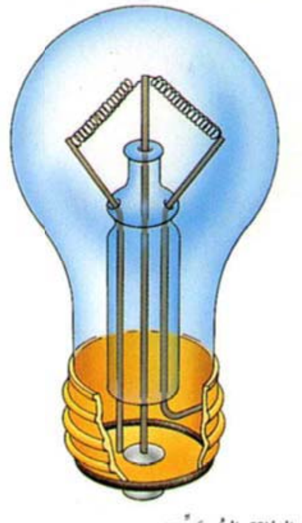
الفَصْلُ السَّابع

القُوَى والحَرَكة



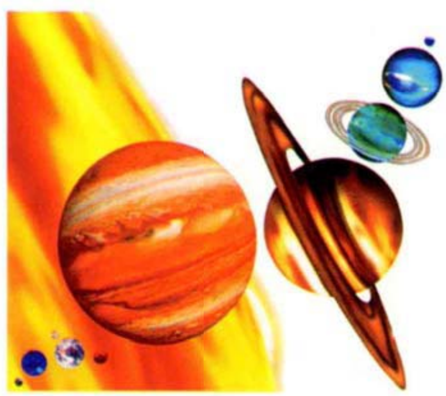
الفَصْلُ الثامِن

الكَهْرباءُ والإلكترونيَّات



الفَصْلُ التاسِع

المَكانُ والزَّمان



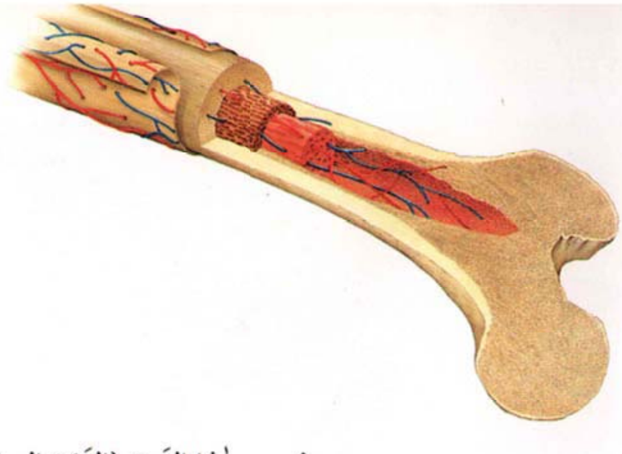


الفَصْلُ العاشِر

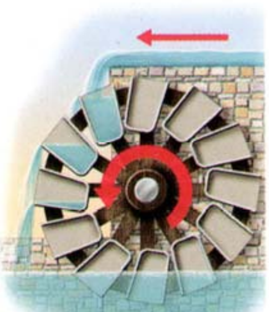
البَقاءُ والحِفاظُ على البيئة

مَلاحِقُ مَرْجِعيَّة





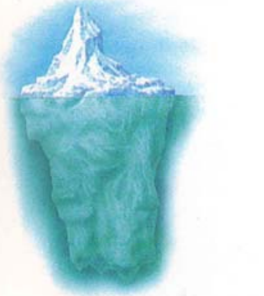
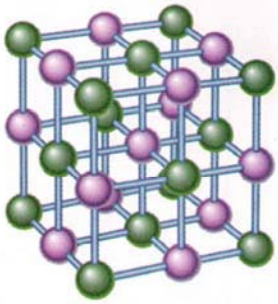
تَمْهيد



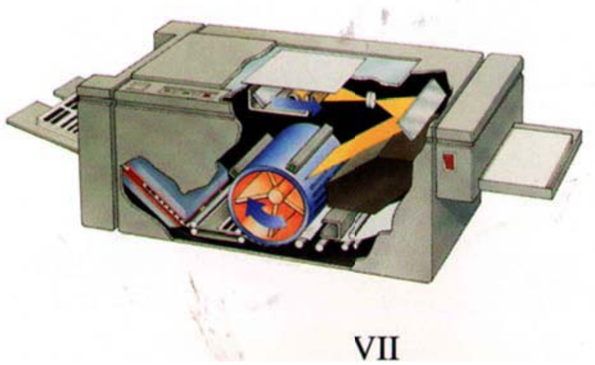
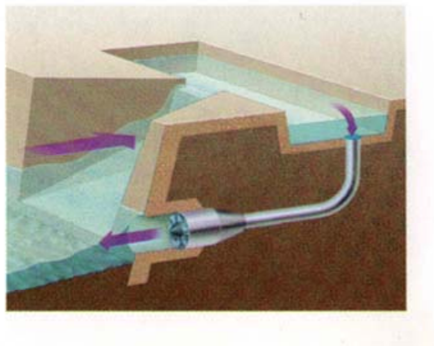

في هٰذا القرن (القَرْنِ الحادي والعِشْرين) يُتوقَّعُ أنْ تطغَى سيطرةُ العلومِ والتِّقانيَّاتِ على حياتنا. فالتحَدِّياتُ المُستقبليَّةُ عديدةٌ - وهي لَيست بِيئيَّةً فقَط، بلْ أَخلاقيَّةٌ ومَناقبيَّةٌ أيضًا. فالعِلمُ اليومَ هو موضوعُ الدراسةِ الأهَمُّ لجميع الأَولاد؛ فهُم بحاجةٍ إلى مأتًى سَهْلٍ لاكتِساب المعارفِ العلميَّة التي سَتُيَسِّرُ لهُم العَيْشَ في عالَمٍ تتزايَدُ فيه باستِمْرار مُتطَلَّباتُ الحياة وتَشْتَدُّ.

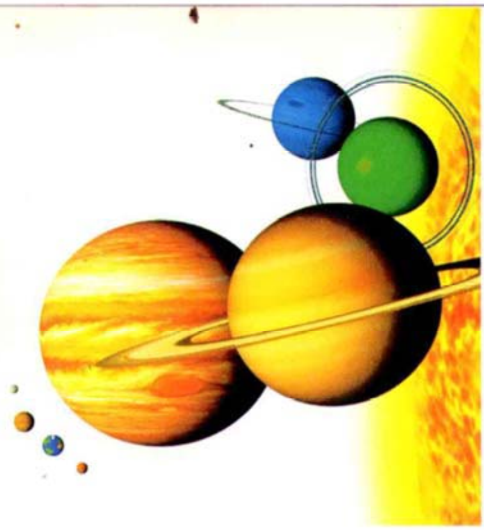



المَوسوعةُ العِلميَّة المُعاصِرة مُقَسَّمةٌ إلى عَشَرةِ فصولٍ أو أبوابٍ مَوضوعيَّةٍ يَتناوَلُ كُلُّ قِسْمٍ منها مَجالًا خاصًّا من الاِهتِماماتِ والدِّراساتِ العِلميَّة. فَفَصْلُ **كَوكب الأرض** يتقَصَّى الأَزْمنةَ الجيُولوجيَّة وكيفيَّةَ تَنَشُّؤِ المُحيطاتِ والجبالِ وجَوِّ الأرض ومَنْظومات الطَّقس. ويَسْتَعرِضُ بابُ **الكائنات الحَيَّة** مُختلِفَ هذه الكائناتِ على كَوكبنا من أصغرِ البَكْتِريات إلى أَضْخَم اللَّبُونات، بينما يَسْتطيعُ قِسْمُ **البيُولوجيَة البَشريَّة** سائرَ مَجْموعاتِ الخلايا المُدْهِشة التي تؤلِّف الجِسْمَ البَشَريّ. أمَّا بابُ **الكيمياءِ والعناصِرِ الكيماويَّة** فيَدْرُس العلائقَ بينَ الجوامِدِ والسوائلِ والغازات وطرائقَ تفاعُلِها؛ ويُعالِجُ قِسْمُ **الموادِّ والتِّقانات** خصائصَ الموادِّ العاديَّةِ واستِعمالاتِها. وقِسْمُ **الضَّوءِ والطَّاقة** يَبْحَثُ طبيعةَ الضوءِ والحرارةِ والألوانِ؛ بينما تُستَقْرى أسرارُ القُدراتِ البَشَريَّة والمكنيَّةِ وطَبيعةُ الصوتِ والضغطِ في فَصْل **القُوَى والحَرَكة**. أمَّا قِسْمُ **الكهرباءِ والإلِكْترونيَّات** فيبحَثُ مُتقَصِّيًا خفايا عالَم المَعْلوماتيَّةِ ومَحَطَّاتِ توليدِ القُدْرة والاِتِّصالاتِ البُعاديَّة المُتَزايدِ التِّقانيَّات. وفي باب **المكان والزَّمان** تظهَرُ الأرضُ كجُزْءٍ صغيرٍ من كَوْنٍ يَفوقُ التصَوُّرَ لا نزالُ في بداياتِ استِكْشافِه وتقَصِّيه. هٰذا ويُرَكِّزُ فَصْلُ **البَقاء والحِفاظ على البيئة** على سبُلِ وَضْع حَدٍّ لِلْمُمارساتِ الضَّارةِ بكوكب الأرض.

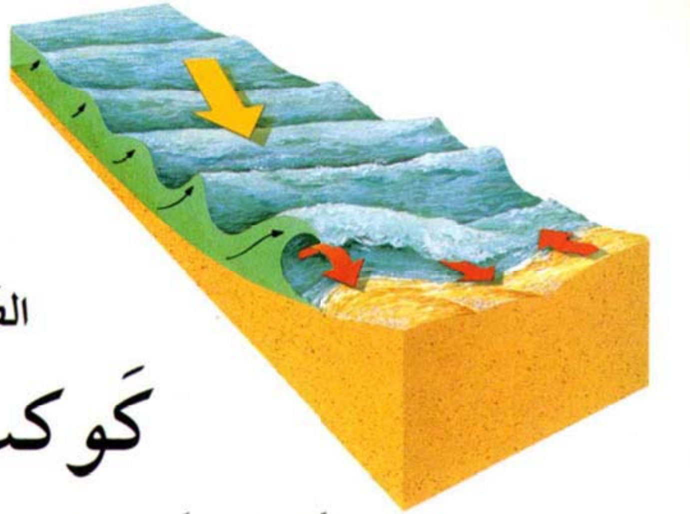




إنَّ المَوسوعةَ العِلميَّةَ المُعاصِرةِ، سَواءً استُخْدِمَتْ كمُعينٍ في الأَنْشِطةِ المَدرسيَّة أو كمَرْجَعٍ عِلْميٍّ يَجْري تصَفُّحُه بين الحينِ والآخر، ستَعْمَلُ بكُلِّ تأكيدٍ على زيادةٍ في المَعرفةِ وحُبِّ الاِسْتِطلاع وحَفْزٍ لِنَفْسيَّةٍ خَلَّاقةٍ تُهيِّءُ الفِكْرَ الجادَّ المُتشَوِّقَ لِتَحْقيقِ عَيْشٍ وَثيرٍ في عالَمٍ مُسْتَقْبَليٍّ مُثير.







الفَصْلُ الأَوَّل

كَوكبُ الأَرْض





تُشَكِّلُ الأَرضُ أَساساتِ مُدُنِنا والبِيئةَ التي هي مَوطِنُنا؛ وهي تَبْدو تحتَ أَقدامِنا كأصلبِ ما نعرفُه من الأشياءِ وأكثَرِها استِقْرارًا. بَيْنما هي، في الحقيقة، تُدَوِّمُ على مِحْورِها مُنْدفعةً عَبْرَ الفَضاءِ المَجْهول في دَورانِها حولَ الأتون النَّوَويِّ لِشَمْسنا. كما إنَّ الأرضَ، في الواقِع، كوكبٌ حافِلٌ بالفاعليَّةِ والحيَويَّة والنَّشاط.

وسَطْحُ الأرضِ الذي يَبْدو صُلْبًا مُصْمَتًا راسخًا كالصَّخْر ليسَ كذلك بالفِعْل؛ فهو مُشقَّقٌ كألواحٍ عِملاقةٍ في سَطح رَصْفٍ مُجَزَّع. فالزَّلازِلُ تَهُزُّ مُدُنَنا، والبَراكينُ تَثورُ من وَقْتٍ لآخَر، مِمَّا يُشيرُ إلى تحرُّكاتٍ ناريَّةٍ هيَّاجةٍ تحتَ سَطح الأرض. ومن فوق، تَصُكُّ الأرضَ إشعاعاتٌ وجُسَيْماتٌ مُختلِفة تَنْدفقُ نحوها عَبْرَ الفَضاء. لكِنْ بين ما هو تحتَها وما هو فوقَها هنالك غِلافٌ جوِّيٌّ ومُحيطاتٌ عارمةٌ بماءٍ سائلٍ ودَرَجاتُ حرارةٍ مُلائمةٌ لِتَواجُد الحياة.



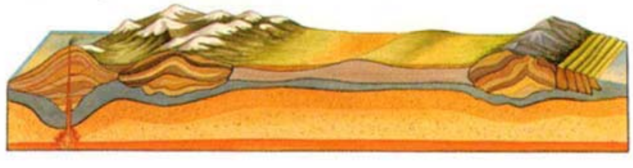


فبالنِّسْبةِ إلى مَرْكبةٍ فَضائيَّةٍ غريبةٍ مارَّةٍ بِمُحاذاةِ المَنْظُومةِ الشَّمْسيَّة، سيَبْرزُ كوكبُ الأرض على الفَوْر كشيءٍ مُتَميِّز. وتركيبُ جوِّ الأرض، بأكسجينِه الحُرِّ ومَقاديرِه الضئيلة من غازاتٍ كالميثان، لا يُمكِنُ استِدامتُه إلّا بتواجُدِ كائناتٍ حَيَّةٍ فيه. وقد يكتشِفُ الغُرَباءُ الألوانَ المُمَيِّزَةَ لِلكلوروفيل - الخِضْبِ الذي تَسْتَخْدِمُه النباتاتُ على اليابِسة والطحالِبُ في البَحْر لاحتِباسِ ضوءِ الشَّمْس. وحتَّى في حالِ عدمِ تحرُّسِهم فسيَلتَقِطُ زُوّارُنا الغُرَباءُ الشَّواشَ الراديويَّ من مُختلِفِ إذاعاتِنا ليكشِفَ لهُم أنَّ الكائناتِ الحَيَّةَ هنا هي على الأقلِّ مُتوسِّطةُ الذَّكاء.





لقد حَوَّلَتِ الحياةُ خصائصَ الأرضِ وتستَمِرُّ الأرضُ قوَّامةً بأوَدِ الحَياة. تحوي الصُّخورُ خاماتٍ دَفينةً من المعادن والأحجارِ الكريمة والفلِزّاتِ الثمينة. وباستِخْدامِ مواردِ الطاقةِ من الأرضِ على شَكلِ فَحْمٍ أو نِفْطٍ أو سِواهُما، اسْتطعْنا تحويلَ تلك الخاماتِ إلى أدواتٍ ومَصنوعاتٍ وأشياءَ حَضاريَّةٍ - من الكُتُب والمَباني إلى السيَّاراتِ والحواسيب. نحنُ كُلُّنا نَعتمِدُ على الأرضِ ومَوارِدِها.



الأَرضُ والمَنْظومةُ الشَّمْسيَّة

المَنْظومةُ الشَّمْسيَّة – أيُّ مَنْظومةٍ شمسيَّة – تتألَّفُ من نَجمٍ وكواكبَ وأَجْسامٍ أُخرى تَدُورُ في مَداراتٍ. والأرضُ هي الكوكبُ الثالثُ من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس في مَنْظومتنا الشَّمْسيَّة.



تكوَّنَتِ الارضُ من قُرْصٍ غُباريٍّ كان يُحيطُ بالشَّمْس عندما كان عُمْرُها لا يَزيدُ على بِضْعِ مِئاتِ المَلايين من السِّنين. فتجَمَّعَ الغُبارُ معًا في عمليَّةِ ارْتِكاميَّة.

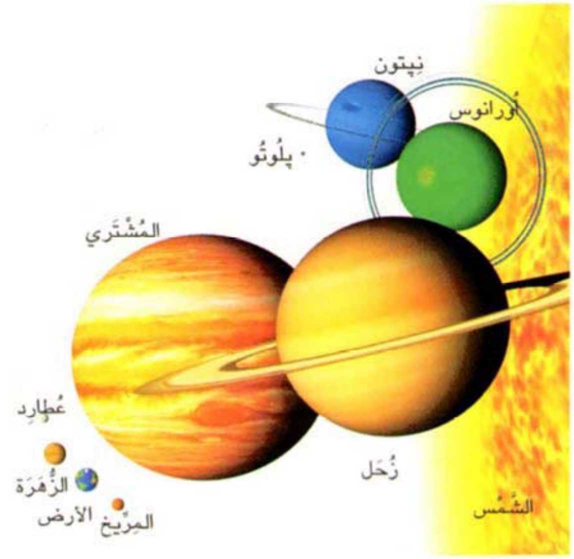
في بِداية نَشْأةِ الكَوْن، منذُ حوالَى اثْنَي عَشَر بليون سَنة، تكوَّنَ أوَّلًا عُنْصرا الهِدْروجين والهِلْيُوم. ثُمَّ راحتِ التفاعلاتُ النَّوَويَّةُ، في الأجيال الأوائل من النُّجوم، تُنْتِجُ العناصرَ الأُخرى وتَنْثُرها في الفَضاءِ كسُحُبٍ من الغُبارِ والغازات.

ومُنْذُ خَمْسةِ بَلايينَ سَنةٍ، بدأَتْ إحدى هذه السُّحُب بالتقلُّص. فتكوَّنَت في مَرْكزِها كُرَةٌ مُدَوِّمَةٌ من الغُبار والغازات، وضغطَتِ الجاذبيَّةُ هذه الكُرَةَ حتَّى غدَتْ حارَّةً بما فيه الكِفايةُ لِتكوِّنَ نَجْمًا – فكانت الشَّمْس.

أُصولُ الأَرْض

الإشعاعاتُ من الشَّمْس الفَتيَّة عَصَفَت بعيدًا بالكثير من سَحابةِ الغُبار الباقية. وما تبقَّى كوَّنَ حولَ الشَّمْسِ قُرْصًا هائلًا من الغُبار. ومع مُرور الزَّمن، تجَمَّعَتْ حُبَيْباتُ الغُبار معًا مُكوِّنةً كُتلًا صَخْريَّة. هذه الكُتَلُ ظَلَّتْ تَتراطَمُ، بعضُها مع بعض، مُتَضامَّةً أحيانًا في ارْتكاماتٍ مُتنامية تَحوَّلَ بها القُرْصُ الغُباريُّ تدريجيًّا وببُطءٍ إلى عددٍ من الكواكب، كان كوكبُ الأرضِ واحدًا منها.

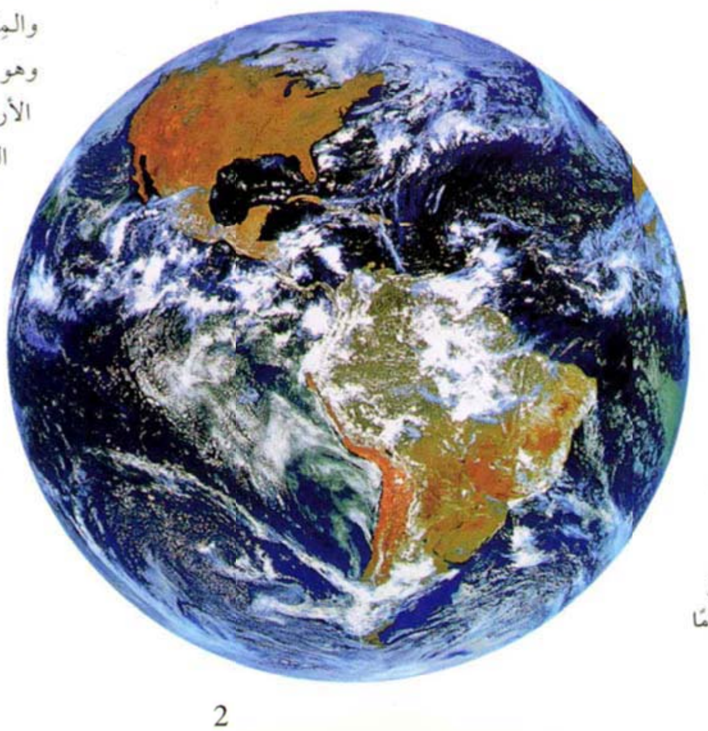
ومع تَزايُدِ كُتْلةِ الأرض، ازدادَتْ قُوَّةُ مَجالِ جاذبيَّتها – مِمَّا جَمَّعَ الغُبارَ إلى شَكلٍ كُرويّ. ومع تَزايُدِ الضَّغط أخذتِ الكُرَةُ بالانْصِهار مُكَوِّنَةً لُبًّا نواتيًّا عاليَ الكثافة من الحديدِ المَصْهور مُحاطًا بدِثارٍ جامدٍ من الصُّخورِ السِّليكاتيَّة. وقد ساهمَتِ البَراكينُ ونُثارُ الأنقاضِ المُتَصادِمةِ في تكوينِ المَعالِمِ السَّطحيَّةِ للكوكبِ الجَديد. وفي الزَّمان الذي قارَبَ فيه شكلُ الأرضِ أنْ يَكْتَمِلَ ارتطَمَ بها جِسْمٌ بِحَجْمِ المِرِّيخ، قاذِفًا سَحابةً غُباريَّةً من الموادِّ في مَدارٍ حَوْلَها. وتكَثَّفَتْ هذه الموادُّ فكوَّنَتِ القَمَر.



الشَّمْسُ (إلى اليَمين) تُقزِّمُ كُلَّ شيءٍ آخَرَ في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة – حتَّى الكوكبَيْن العِملاقَين الغازيَّيْن – المُشْتري وزُحَل. الأرضُ وجيرانُها الأقْربُ (إلى اليَسار) هي بالمُقارنةِ صغيرةٌ جِدًّا.

الكَواكبُ الأُخرى

عُطارِد هو الكوكبُ الأقربُ إلى الشَّمْس؛ وهو ذو سَطْحٍ صَخْريٍّ قاحِلٍ، ولا غِلافَ جَوِّيًّا لهُ عمليًّا. الكواكبُ الخارجيَّةُ (الأبعدُ عن المِرِّيخ) هي كُراتٌ مُتجَمِّدةٌ من الغاز. والكواكبُ الثلاثةُ في ما بَين، هي الزُّهَرَةُ والأرضُ والمِرِّيخ. حَجْمُ كوكبِ الزُّهَرَة مُساوٍ لِحَجْمِ الأرض تقريبًا وهو أقْرَبُ منها إلى الشَّمْس. المِرِّيخُ أصغَرُ قليلًا من الأرض وأبعَدُ منها عن الشَّمْس. تَوافُرُ غازِ ثاني أُكسيد الكربون في جَوِّ الزُّهَرَةِ سبَّبَ ظاهرةَ دَفيئاتٍ جامِحةً أدَّتْ إلى تَبَخُّر الماء بالكامل منها. أمَّا في المِرِّيخ، فقد تجَمَّدَ الماءُ أو أفْلَتَ في الفَضاءِ مُخَلِّفًا صَحْراءَ باردةً. ولَو أنَّ نوعًا من الحياة بدأ على المِرِّيخ أو على الزُّهَرَة، فما كان له أن يَدومَ طويلًا. أمَّا على الأرض، فقد استَهْلكَتِ الطَّحالبُ الكثيرَ من ثاني أُكسيد الكربون من الجَوِّ مُبْقِيَةً المُناخَ مُتوازِنًا ومُنْتِجةً الأُكسِجين.



هذه صُورةٌ للأرض التقطَتْها كاميرا (مُصَوِّرة) على الساتل مِتْيوسات، أحدِ سَواتلِ الرَّصد الجَوِّيّ، من ارْتفاع 800 35 كم فوقَ خَطِّ الإسْتِواء، أثناءَ عبُوره الأمريكيَّتَيْن. وهي تُظْهِرُ الزُّرْقَةَ المُشبَعَةَ في لَونِ المُحيطات وأنماطَ السُّحُبِ المُدَوِّمةِ في جَوِّ كوكبٍ حيثُ الظروفُ مُلائمةٌ تمامًا لِتَواجُدِ الحَياة واستِمراريَّتها.

أُنْظُر أيضًا

الإشعاع ص 244 – 245
المَنظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

دَوَرانُ الأَرض

تُدَوِّمُ الأَرْضُ حولَ مِحْورِها، كالخُذْروفِ، أثناءَ دَوَرانِها حولَ الشَّمْسِ. وتُسَبِّبُ هاتانِ الحَرَكتان تغَيُّراتٍ يَوميَّةً وسَنَويَّةً وفَصْليَّةً في شِدَّةِ ضوءِ الشَّمْسِ وفي دَرَجاتِ الحرارة على سَطْحِ الأَرض.



مَدٌّ وجَزْرٌ رَبيعيّ (مَدٌّ تامّ)



مَدٌّ وجَزْرٌ تَرْبيعيّ (مَدٌّ مَحاقيّ)

▲ المَدُّ والجزْرُ الرَّبيعيُّ هما نتيجةُ جَذْبِ الشَّمْسِ والقَمرِ لمياهِ المُحيطاتِ في الاتِّجاهِ نَفْسِه. ويَحْدُثُ المَدُّ والجزْرُ التَّربيعيُّ عندما يكونُ جَذْبُ القَمَر مُتعامِدًا (أي بزاويةٍ قائمةٍ) مع جَذْبِ الشَّمْس.

تَبْدو الشَّمْسُ لِلناظرِ من سَطْح الأرض كأنَّها تَطْلُعُ في الشَّرْقِ فتَعْبُرُ السماءَ وتَغيبُ في الغَرْبِ؛ هكذا تَبْدو النُّجومُ ليلًا. وقد ظلَّ الناسُ حتّى القَرْنِ السادِسَ عَشَر، يَعْتقدون أنَّ الأرضَ مُستقِرَّةٌ وأنَّ الشَّمْسَ والنُّجومَ تَدورُ حوْلَها. لكنَّا، اليومَ، نَعلَمُ أنَّ الشَّمْسَ والنُّجومَ تبدو لنا كأنَّها تَعْبُرُ السماءَ من الشَّرقِ إلى الغَرْب لأنَّ الأرضَ تُدَوِّمُ حولَ مِحْورِها نحو الشَّرق مَرَّةً في اليوم مُسبِّبةً الليلَ والنهار. وفي الوقت نفسِه تدورُ الأرضُ حوْلَ الشَّمْسِ دورةً كاملةً في سَنةٍ (365 يومًا و6 ساعات و9 دقائق) مُسبِّبةً، مع مَيْل مِحْورِها تغَيُّرَ الفُصول.

الشَّهْرُ القَمَريُّ

يُكْمِلُ القَمَرُ في مَداره دَورةً حولَ الأرضِ في حوالى 27 يومًا. وحيثُ إنَّ الأرضَ تَدورُ حولَ الشَّمْسِ أثناءَ دورانِ القَمرِ حولَها قاطِعةً حوالى $\frac{1}{13}$ من مَدارها، فإنَّ دورةَ أوجُه القَمرِ تَستَغْرِقُ حوالى 29 يومًا - شَهْرًا قَمَريًّا - تَبْدو لنا فيها كُلُّ أوْجُهِه. فبَعْدَ كُلِّ اقْترانٍ، يكونُ القَمرُ مُظْلِمًا بالكامل، ثُمَّ يظهَرُ كهِلالٍ رفيعٍ مُنارٍ بالشَّمْس من جانبٍ واحدٍ يَتزايَدُ حتّى يُصبِحَ بَدْرًا. ثُمَّ يَتناقَصُ القَمرُ البَدْرِ حتّى يُصبِحَ هِلالًا رفيعًا ثُمَّ مَحاقًا - قَبْلَ أنْ يَبْزُغَ هِلالًا من جديد.

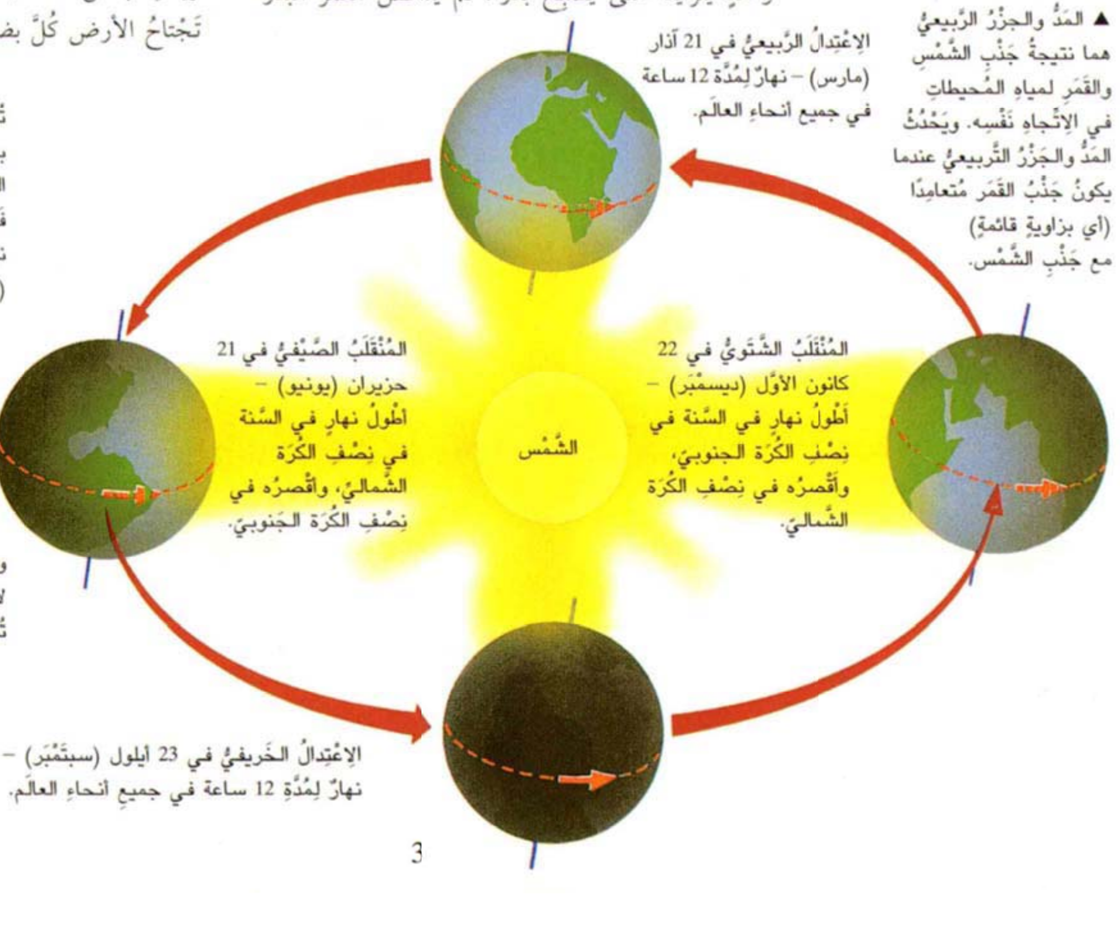
المَدُّ والجَزْرُ والكُسوفُ والخُسوف

تَعملُ جاذبيَّةُ القَمرِ، أثناءَ دَورانِه حوْلَ الأرضِ، على جَذب المياهِ في المُحيطاتِ نحوه. وتُسَمَّى التغَيُّراتُ الناتجةُ في مُستوى المِياه مَدًّا وجَزْرًا. وتؤثِّرُ الشَّمْسُ أيضًا في المَدِّ والجَزْر، بحيثُ إنَّ تغَيُّراتِهما القُصوى، المَعْروفة بالمَدِّ والجَزْر الرَّبيعيِّ، تَحْدُثُ عندما يكونُ جَذْبُ الشَّمْس في الإتِّجاه نفسِه لِجَذْبِ القَمَر.

تقَعُ الأرضُ أحيانًا بينَ الشَّمْسِ والقَمَر فيقَع ظِلُّها على وَجْهِ القَمَر - وهذا ما يُعْرَفُ بالخُسوف. ويَحْدُثُ كُسوفٌ عندما يقَعُ القَمَرُ بينَ الأرض والشَّمْس. وبما أنَّ قُطْرَ القَمر يُساوي $\frac{1}{400}$ من قُطْرِ الشَّمْس، وأنَّ بُعْدَ القَمَر عن الأرض = $\frac{1}{400}$ من بُعْدِ الشَّمْس عنها، فإنَّ حُدوثَ كُسوفٍ كُلِّيٍّ للشَّمْس أمرٌ مُمكِنٌ من وَقْتٍ إلى آخَر.

دَوْراتٌ أُخرى

أحيانًا، يكونُ مَدارُ الأرض حوْلَ الشَّمْس أقَلَّ اسْتِدارةً وأكثَرَ إهليلَجيَّةً. كذلك فإنَّ مِحْورَ تَدْويم الأرض حولَ نفسِها، يَتَراوَحُ مُتمايِلًا كخُذْروفٍ مُختَلِّ التوازُن. وتَتراكَمُ هذه التغَيُّراتُ على مَدى عَشَراتٍ أو مئاتِ آلافِ السِّنين. ويَعْتقِدُ بعضُ العُلَماءِ أنَّها تُسَبِّبُ العُصورَ الجليديَّةَ التي تَجْتاحُ الأرضَ كُلَّ بِضعةِ مَلايينَ من السِّنين.



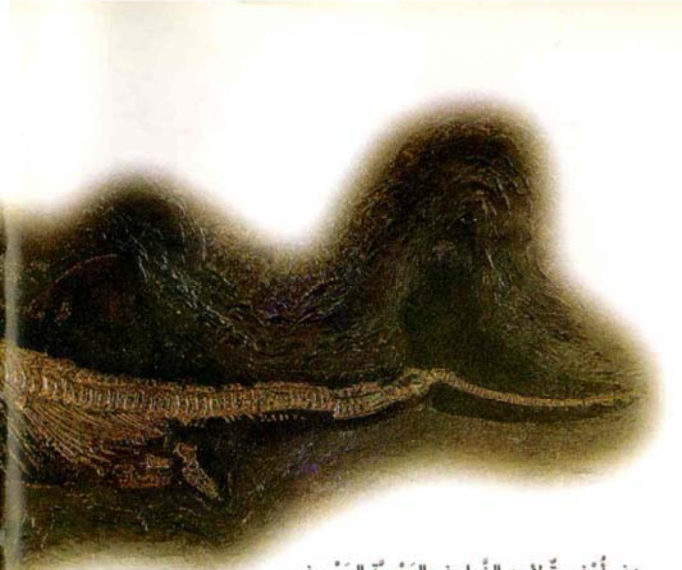
تُدَوِّمُ الأرضُ حولَ مِحْورِها - الذي يميلُ بمِقْدار $23\frac{1}{2}°$ بالنِّسْبةِ إلى مَدارِها حولَ الشَّمْس. هذا المَيَلانُ يُسَبِّبُ تغَيُّراتٍ فَصْليَّةً في طُولِ ساعاتِ النَّهار وفي نوعيَّةِ المُناخ. ففي آذار (مارس) وأيلول (سبتَمْبر) تكونُ الشَّمْسُ فوقَ خطِّ الاسْتِواءِ مُباشَرةً. وفي حزيران (يونيو) يَميلُ نِصْفُ الكُرَة الشَّماليّ نحوَ الشَّمْس فيُصبِحُ أسخَنَ. وفي كانون الأوّل (ديسمبر)، يَميلُ نِصْفُ الكُرَة الجَنوبيّ نحوَ الشَّمْس فيكونُ صَيْفٌ - فيما يكونُ شِتاءٌ في نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ في الوقتِ نفسِه. وعلى مَقْرُبةٍ من القُطْبَيْن، هناكَ أسابيعُ لا تَغيبُ فيها الشَّمْسُ صَيفًا وأسابيعُ لا تُشْرِقُ فيها الشَّمْسُ شِتاءً.

أنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 394 - 395
الأرضُ والقَمَر ص 400 - 401
الكُسوفُ والخُسوف ص 402

الأَحافيرُ والأَزمِنةُ الجيُولوجيَّة

الأَحافيرُ هي البَقايا المُستَحْجِرةُ المَحْفوظةُ من مُتعَضِّياتٍ كانت حيَّةً في عُصورٍ غابرة. وكَونُ تاريخِها يَعودُ إلى حوالى 3,5 مليون سنة، فهي تُوَفِّرُ دلائلَ بالِغةَ الأهمِّيَّة عن حُقَبٍ غابرةٍ في تاريخ الأرض.



هذه أُحْفورةٌ لاحدِ الزَّواحف البَحْريَّةِ المَعْروف بالإكتيُوصور، حُفِظَت في طَفْلٍ يَعودُ تاريخُه إلى العَصْر الجُوراسيِّ السَّابق. وقد وُجِدَت هذه العَيْنةُ قُربَ بلدة لايم ريجس في مقاطعة دورسِت، بإنكلترا. لقد كانت الإكتيُوصوراتُ سَبَّاحاتٍ سريعةً، تَغْتذي بالأَسْماك مُستَخْدِمةً اسنانَها الحادَّة لِتَمْزيقِ فَرائسها.



هذه السَّعَفةُ (الورقةُ السَّرْخسيَّة) نمَتْ منذُ حوالى 300 مليون سَنة في مُستَنْقَعٍ خِلالَ العَصْر الكربونيِّ من تاريخ الأرض. وعندما ماتَت هذه الورقةُ وانطمرَت، سلِمَت من التعَفُّنِ وتحوَّلَت تدريجيًّا إلى فَحْم. وتظهَرُ أعلاه طَبْعةُ تِلك السَّعفة مَحْفوظةً في عَيْنةٍ صَخْريَّة.

لقد ظَلَّت حقائقُ أُصولِ الحياةِ على الأرض مُعْضِلةً مُحَيِّرةً لِلعُلماءِ واللَّاهوتيِّين على مَدى زَمَنٍ طويل. فمُعْظمُ الحَضارات لَدَيْها رواياتٌ تَمُتُّ بصِلةٍ إلى عمليَّة نُشوءِ الحياة على الأرض - يُصَوِّرُ فيها الإنسانُ ذُرْوةً لتِلْك العمليَّة. وقد قَدَّرَ بعضُ اللَّاهوتيِّين تواريخَ لِعَمليَّةِ الخَلْق تَعودُ إلى بِضْعةِ آلافٍ من السِّنين فقط. ففي عام 1650، مثلًا، قرَّرَ أُسقُفٌ إرلَنْديٌّ أنَّ عمليَّةَ الخَلْق تَمَّتْ في العام 4004 ق.م، زاعِمًا أنَّ الأحافيرَ المَحاريَّةَ والعَظْميَّةَ التي تَتواجَدُ داخلَ بعضِ الصُّخور هي بقايا كائناتٍ هلِكَتْ في الطُّوفان التَّوراتيّ. لكِنْ، يَصْعبُ التصَوُّرُ كيفَ إنَّ كوكبًا كالأرض حقَّقَ مِثْلَ هذا القَدْرِ الكبير من التغَيُّر في مِثْلِ هذه الفَتْرةِ القصيرةِ من الزَّمَن.

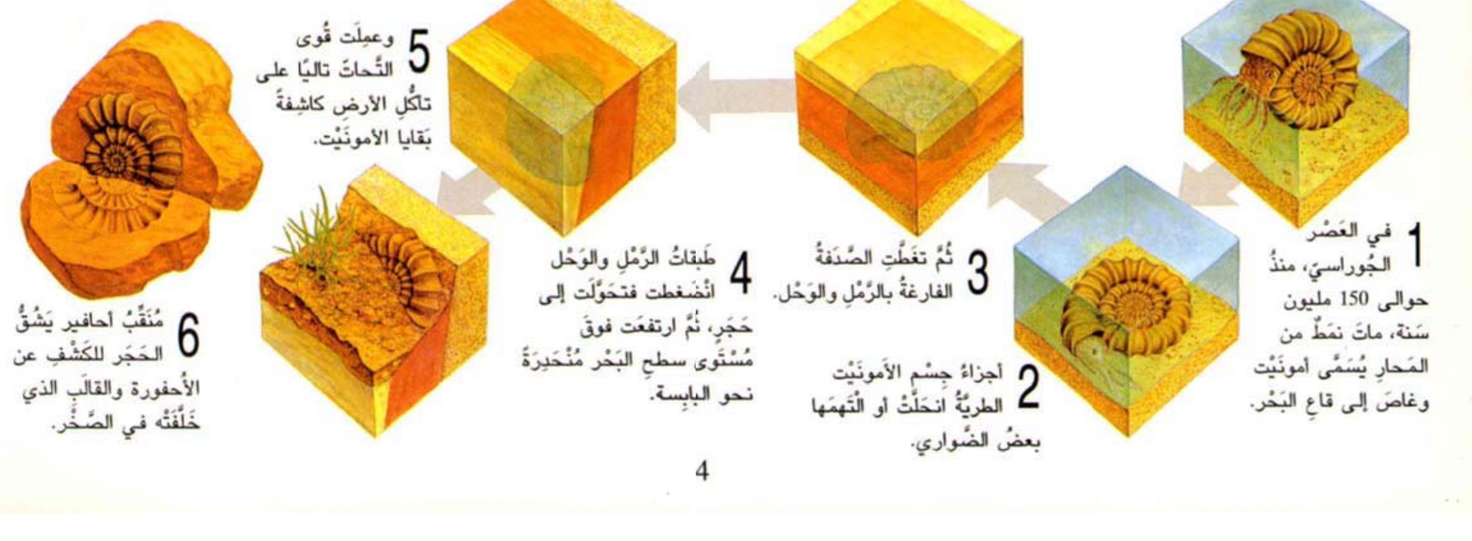
في العَقْد الأوَّل من القَرن التاسِعَ عَشَر، أدركَ الجيُولوجيُّون أنَّ تغَيُّراتٍ بطيئةً كالتي كانت، ولا تَزالُ جارية، يُمكِنُها تَعليلُ أسبابِ شُموخِ الجبالِ وهبُوطِها وتعليلُ تواجُدِ الأحافير. في ذلك الوقت قدَّرَ العُلماءُ عُمْرَ الأرض بأكثَرَ من 20 مليون سنة. حاليًّا يُمكِنُ تَقديرُ عُمرِ الصُّخورِ بدِقَّةٍ بقياس كمِّيَّاتِ العناصِر المُشِعَّةِ في داخِلها. مثلًا، هنالك نظيرٌ مُشِعٌّ من الكربون يَنْحَلُّ ويضمَحِلُّ بِمُعدَّلٍ دقيقٍ ومُنتظِمٍ يُمكِنُ به تأريخُ الفَحْم النَّباتيِّ الذي يَرْجِعُ عُمْرُه إلى قُرابةِ 50 000 سَنة. وتوجَدُ عناصِرُ مُشِعَّةٌ أُخرى يُمكِنُ بها تأريخُ صُخورٍ أقدمَ بكثير - تَبَيَّنَ من بعضِها أنَّ بَدْءَ تاريخ الأرض يَعودُ إلى ما فوق 4,5 بِليون سَنة.

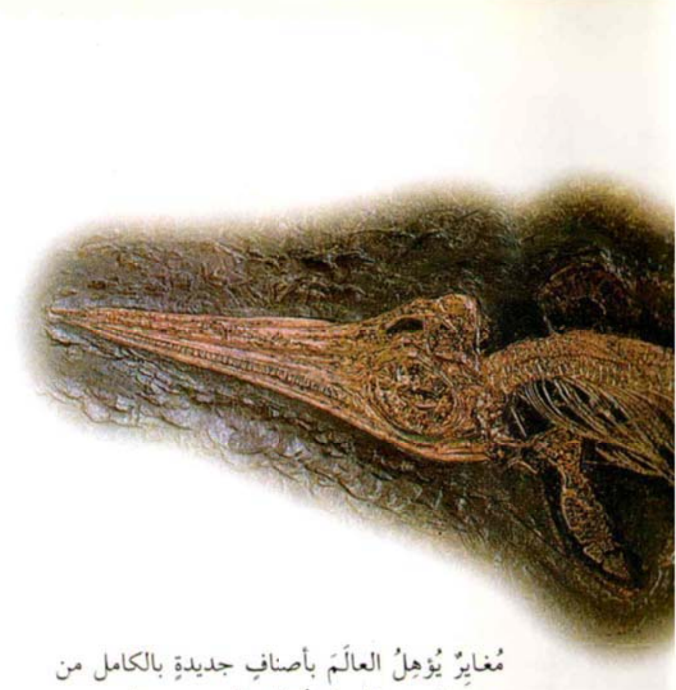
رَوسَمةُ الشَّواهِد

لقد كشفَتِ الدِّراساتُ الدَّقيقةُ لِلأحافير أنَّ أشكالًا حياتيَّةً مُتَشابهةً منها تواجدَت في الزَّمَن نَفْسِه في مُختلِف أنحاءِ العالَم. ونتيجةً لذلك، غدَت الأحافيرُ أدواتٍ مُفيدَةً لتأريخ الصُّخور. إنَّ أنماطَ الأحافير المُختلِفةِ المُتَواجدةَ في الصُّخور تتغَيَّرُ مع الزَّمَن، مُرَسِّمةً التاريخَ التطَوُّريَّ للكائنات الحيَّة. هذه التغَيُّراتُ كانت أحيانًا بطيئةً وتَدْريجيَّةً، وأحيانًا أُخرى فُجائيَّةً جِدًّا، بحيثُ تَنْعدِمُ مجموعاتٌ كاملةٌ من أنواع النَّباتِ والحَيوان بينَ طبقةٍ وأُخرى. هذا وقد تَظْهَرُ بِضْعةُ أنواعٍ ناجحةٌ مُسْتَمِرَّةً دون تَغييرٍ يُذكَرُ على مَدى ملايين السِّنين، في حين تفنَى أنواعٌ أُخرى ويُستَبْدَلُ بها سِواها. أحيانًا، يَحْدُثُ تنَوُّعٌ فُجائيٌّ

تَكَوُّنُ الأحافير

عندَ موتِ كائنٍ مُتَعَضٍّ تَنْطَمِرُ بقايا جَسَدِه وتستَحْجِرُ بِبُطْء. ولا يَبْقى منه عادةً سِوى الأجزاءِ الصُّلْبةِ كالعِظام أو الأَصْداف. أحيانًا، تتحَوَّلُ البَقايا تَدْريجيًّا إلى حَجَرٍ مَعدنيٍّ تُستَبْدَلُ بجُزَيئاتِه الأصليَّة مَعادِنُ كالكَلْسَيْت أو بَيْريت الحديد. وغالبًا ما تَحْوي الأحفورةُ قَدْرًا كبيرًا من الجُزَيئاتِ الأصليَّة. وهنكَ اليوم عِلْمٌ جديدٌ، يُسَمَّى عِلْمَ الحَفْريَّات الجُزَيئيِّ يختَصُّ بمُقارنة الكيماويَّات، أو حتَّى الجِينات، من أنواعٍ مُنْقَرِضةٍ بأنواعٍ لا تَزالُ تعيشُ على الأرض.





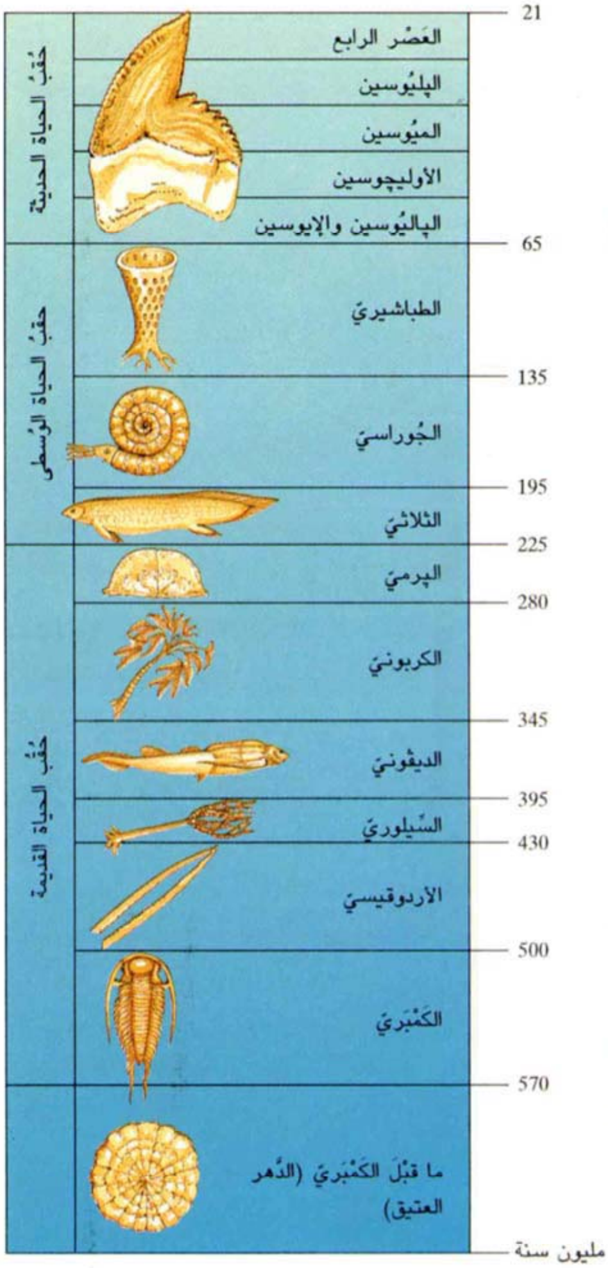
مُغايرٌ يُؤهِلُ العالَمَ بأصنافٍ جديدةٍ بالكامل من الكائنات. هٰذه التغيُّراتُ تُبيِّنُ الحُدودَ بين عُصورٍ جُيولُوجيَّة مُختلِفة. ويَعتقِدُ العُلماءُ أنَّ الفَتَراتِ بين هذه العُصورِ كانت نَتيجةً لكوارثَ رئيسيَّةٍ، رُبَّما يَرْجِعُ بَعضُها لارتِطامِ كوَيْكباتٍ أو مُذنَّباتٍ ضَخمةٍ بكوكبنا أحدثَت خلَلًا في المُناخ. والمَعلومُ بيولوجيًّا وجيُولوجيًّا أنَّه في نِهايةِ العَصْرِ الطباشيريّ، منذُ 65 مليون سنة، انقرضَت آلافٌ من الأنواع، بما فيها الدَّينوصورات. وقد تَزامنَ هذا الحَدُّ البَينيُّ مع تكَوُّنِ وَهْدةٍ صَدْميَّةٍ هائلةٍ في خليج المكسيك - أحدَثَها ارتطامُ كُوَيْكبٍ قُطْرُه حوالى الكيلومتر بالأرض - فتبَخَّرَ ناشِرًا سَحابةً من الغُبارِ حوْلَها حجبَت طاقةَ الشَّمْس وأشعَلت حرائقَ في الغابات على نِطاقٍ عالميّ. كذلك فإنَّ أنواعًا أكثرَ انقرضَت في نِهايةِ العَصْرِ البِرْميّ (أحْدَثِ حُقُبِ الحياةِ القديمة)، منذُ 225 مليون سنة. والواقع أنَّ الإنْقِراضاتِ الجَماعيَّةَ، بدَرَجاتٍ مُتَفاوتة، هي التي مَعْلَمتِ الحُدودَ بين مُعْظَمِ العُصورِ الجيُولُوجيَّة.

الحياةُ على الأرض

تَتَميَّزُ الـ 65 مليون سنة الأخيرة من قِصَّة الحياةِ على الأرض بنَشْأة اللَّبُونات (الثَّدْييَّات)، مُزامِنةً ظُهورَ الأشجارِ العريضةِ الوَرَق والنباتاتِ المُزهِرة. وقبْلَ هذه الفَتْرةِ بحوالى 200 مليون سنة، كانت الدَّيْنُوصوراتُ وأشباهُها سائدةً على اليابِسَة، فيما أهلَتِ (عَمرَت) البحارُ الدافئةُ بمَجْموعاتٍ وافِرةٍ مُنَوَّعةٍ من الأحياءِ البَحْريَّة. وفي العَصْرِ الكربونيّ، منذُ حوالى 300 مليون سنة، كانت المُسْتَنْقعاتُ الفسيحةُ مَنابتَ مُمْرِعَةً لِفَيْضٍ من النباتاتِ البِدائيَّة كالسَّرخسِ الشجريِّ والسِّيكاسيَّات (عارياتِ البُزور). وقد أنتجَت بَقايا هذه النباتات قُراراتٍ من الفَحْم. وقبْلَ ذلك الحِين، لم يكُنْ هناكَ شواهِدُ كثيرةٌ للحياةِ على اليابسة - لكِنَّ المُحيطاتِ كانت تَزْخَرُ بالكائناتِ الحيَّة. ولا غَرابةَ أنَّ الأحافيرَ من حُقَبِ الحياة العَتيقة، قبْل 600 مليون سنة، نادِرةٌ جِدًّا، إذْ خِلالَ هذا الحُقب، لم يتواجَدْ سوى قِلَّةٍ من النباتاتِ والحيواناتِ الكبيرة على الأرض.

سَلَفٌ مُشْتَرك

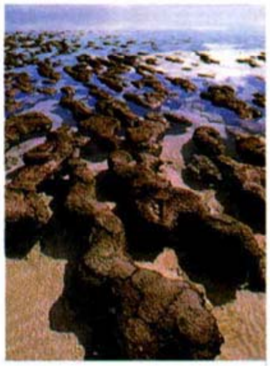
يُفترَضُ أنَّ الحياةَ على الأرض بدأتْ منذُ أكثرَ من 3,6 بليون (ألف مليون) سنة، مُجمِّعةً مُقَوِّماتِها الكيماويَّةَ من الفَضاء بعْدَ أنْ بَرَدَ الكوكبُ الجديدُ بوقتٍ قصير. لكِنَّ السَّيطرةَ الأحيائيَّةَ ظلَّت لِلبكتِريا والطحالبِ المِجْهريَّة على مَدَى ثلاثة بلايين سنة. ثُمَّ، ورُبَّما بحَفْزِ تغَيُّراتٍ في المُناخ وانطِلاقِ المُغَذِّياتِ بانفِلاقِ قارَّةٍ عِمْلاقة، ظهرَ حَشْدٌ أكبرُ من النباتاتِ والحَيوانات المُتعَدِّدةِ الخلايا. ومنذُ حوالى 600 مليون سنة، انبَثَقَت أسلافُ مُعظمِ مَجموعاتِ المُتعَضِّيات المتواجدة حاليًّا؛ ومن بينها، رُبَّما كان سلَفُنا الأبْعد.



► يُقَسَّمُ الزَّمَنُ الجيُولُوجيُّ إلى سِلْسلةٍ من العُصُور، يتميَّزُ كُلٌّ منها بِمدًى مُختلِفٍ من أحافير الكائنات. ويُمثِّلُ دَهْرُ ما قبلَ الكَمْبَريّ 85% من تاريخ الأرض الجيُولوجيّ. لكِنَّ الصُّخورَ التي يَعودُ تاريخُها إلى هذا العَصْر ليسَت جيِّدةَ الحِفظ كما إنَّ هذا العصرَ لم يَشْهَدْ سوى قِلَّةٍ من الكائناتِ الكبيرةِ ذاتِ الأحافيرِ المُتَميِّزة.



في ظُروفٍ خاصَّةٍ مُلائمةٍ، تتحَوَّلُ بَقايا الكائنات الطريَّةِ الأجسام إلى أحافير. فمُنْذُ أكثرَ من 40 مليون سنة، احتبَسَ الراتينَجُ (الصَّمْغُ) الشجريُّ هذه الذُّبابةَ. ثُمَّ تحَوَّلَ الراتينَجُ إلى كَهْرَمان، فحُفِظَت الذُّبابةُ وبعضٌ من مادَّتِها الجينيَّةِ (الوراثيَّة) بداخلِه.



أكوامٌ من السِّيانوبكْتِريا (طحالب خَضْراء مُزْرَقَّة) تُعرَفُ بالستروماتُولَيتات تتواجَدُ في مياه المَدِّ والجَزْر الدافئة في خليج شارْك في غَرب أستراليا. هذه الستروماتُوليتات (الرقائقُ الطحلبيَّة الكلسيَّة) الأُستراليَّة هي بَقايا مُتَحَجِّرةٌ لبعضِ أقدم المُتَعَضِّياتِ المعروفة على سَطح الأرض - إذْ يزيدُ عُمْرُها على 3,5 بليون سنة.

أُنْظُر أيضًا

الأصولُ والتغيُّراتُ البَشَريَّة ص 6 - 7

الحياة: الأصولُ والتطوُّر ص 50 - 51

الأُصولُ والتغَيُّراتُ البَشَريَّة

يَعتقِدُ العلماءُ أنَّ أسلافَ الجنسِ البَشَريّ هي لَبُوناتٌ ظهرَت مُتأخِّرةً جدًّا في تاريخ الأرض، فكانت الأرقَى والأنجحَ بين جميع الكائناتِ بفَضْل مَواهِبِها الفِكريَّة والحِسِّيَّة – ذكاءً وتصَرُّفًا.



ريتشارْد لِيكي (1944 –) عالِمٌ من عائلةٍ اهتمَّت بدراسةِ أُصولِ البَشَر؛ واشتُهِرَت بخاصَّةٍ بدراساتٍ قامَت بها في شرق إفريقية. هنا نرى العالِمَ ليكي مُمْسِكًا بِجُمْجُمةِ كائنٍ شِبْه بَشَريّ أسماهُ الأنواتيّ الجنوبيّ (أُسترالُوبيثِكَس) عُثِر مع بَقاياه على بَعض الأدواتِ الحَجَريَّة. هذا الجِنْسُ من الحيوانات ليسَ سَلَفًا بَشَريًّا مُباشِرًا؛ لكنْ يُعتقَدُ أنّه قريبٌ وَثيقُ الصِّلةِ بأسلافنا القُدامى.

أحافيرُ الأَسلافِ البَشَريَّة وأقارِبِها من الرَّئيسات (أعلى رُتَب اللَّبُونات) هي الأَنْدرُ بينَ جميع الأحافير. فعندما كانت الدَّيْنوصوراتُ لا تزالُ تَجوبُ الأرضَ ظهرَتِ الزَّبابُ الشجريَّةُ من اللَّبُونات (الثَّدْييَّات) الأُولى الشبيهةُ بالرَّئيسات. ثُمَّ، منذُ حوالى 55 مليون سنة، ظهرَت اللَّياميرُ الحاليَّةُ ذاتُ اليدَيْن والرِّجْلَين القابضةِ والإبصارِ الثُّنائيِّ العينَيْن والأَدْمِغةِ الكبيرةِ نِسْبيًّا. أمَّا القِرَدةُ (السَّعادين) الأُولى فيَرجِعُ تاريخُ ظُهورِها إلى حوالى 30 مِليون سنة. ثُمَّ ظهرَت القِرَدةُ الشبيهةُ بالإنسان (كالغوريلا والشمپانْزي) منذُ حوالى ثمانيةِ إلى عَشَرةِ ملايينَ سنة.

أسلافُ البَشَر الأوائل

هناكَ شواهِدُ جُزَيئيَّةٌ مُترابطةٌ تُشيرُ إلى أنَّ أسلافَ البَشَرِ الأوائل تباعَدت عن أسلافِ الشِّمپانْزيّات مُنْذُ حوالى خَمسةِ ملايينَ سنة. وأقربُ ما عُثِر عليه من الأحافير لأسلافِ الإنسان مَصْدرُه إفريقية الشرقيَّة والجنوبيَّة. ففي العام 1974، اكتُشِفَ في إثيوبيا قُرْبَ نهر أومو هيكلٌ عَظْميٌّ لِسَلَفٍ بَشَريٍّ مُحْتَمَلٍ، يُسَمَّى أُسترالُوبيثِكَس، يبلُغُ عُمْرُه ثلاثةَ ملايين سنة. وقد استدلَّ عُلماءُ البَشَريَّات على أنَّ هذه العَيِّنةَ كانَتْ لِأُنْثى لَقَّبُوها «لُوسي». كانت جُمْجُمةُ لُوسي أشبَهَ بِجُمْجُمةِ القِرَدةِ وذاتَ دِماغٍ صغيرٍ وذِراعَيْنِ قَصيرتَيْن؛ وكان بمَقْدورِها المَشْيُ مُنْتَصِبةً على رِجْلَيْن طويلتَيْن. ولعَلَّ عائلةً من نوعٍ شَبيهٍ بها كانت صاحِبةَ آثارِ الأقدامِ المُتَحَجِّرةِ التي وُجِدَت في لَيْتولي بتَنْزانيا، ويبلُغُ عُمْرُها 3,6 مليون سنة.

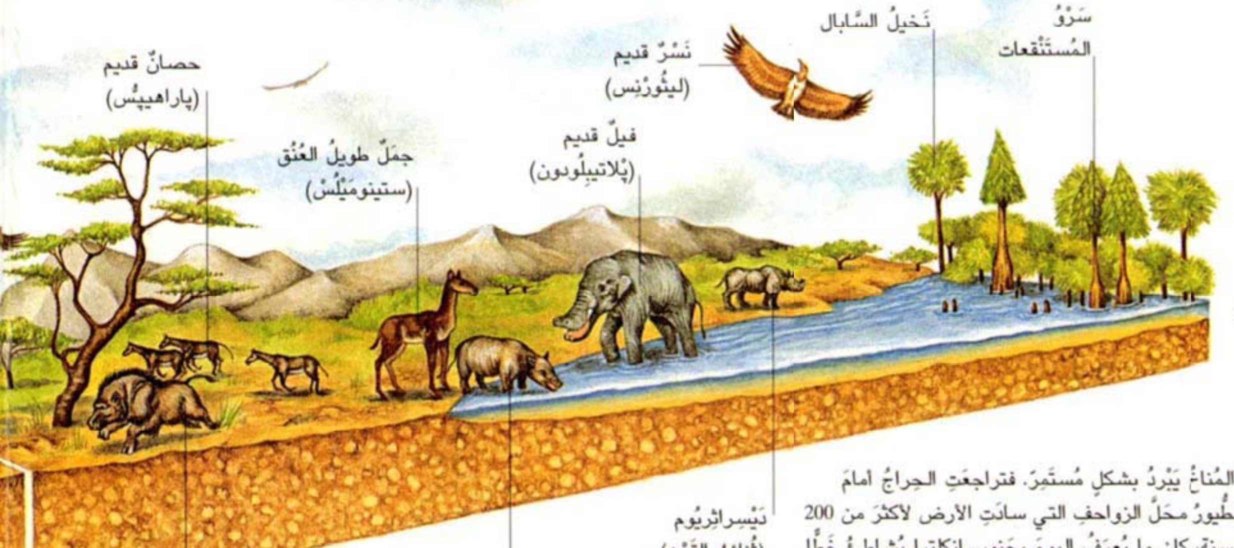
وليسَ بَيِّنًا أيٌّ من أنواعِ الأُسْترالُوپيثِكَس هو ذو قَرابةٍ، إنْ وُجِدَت، بينَه وبينَ البَشَر الحاليِّين. لكنَّ سَلَفًا تاليًا منها ظهرَ منذُ حوالى 1,8 مليون سنة كانت له بشِبْهِ التأكيد تِلكَ القَرابة. ففي عام 1984، احتَفَر فريقٌ من عُلماءِ البَشَريَّات، يتَرأَّسه رِيتْشارد لِيكي، عظامَ صبيٍّ عُمْرُه 12 سنة قُرْبَ بُحَيْرة تُورْكانا في كينيا. وقد قُدِّرَ عُمْرُ العِظام بحوالى 1,5 مليون سنة وأنَّها تَعودُ إلى نوعٍ من الأَسْلافِ يُسَمَّى الإنسانَ المُنْتَصِب «هومو إرِكْتَس». وقد تَميَّزَ ظهورُ هذا النَّوعِ باختِلافٍ لافتٍ في نوعيَّةِ الأدوات الحَجَريَّةِ التي استَخْدَمها – من حِجارةٍ خَشِنةِ القَطْعيَّةِ إلى فؤوسٍ ومَكاشِطَ يَدويَّةٍ صُنِعَت بِدِقَّةٍ وبَراعة. وكانَ الإنسانُ المُنْتَصِبُ أيضًا جَوَّالًا ومُسْتكشِفًا انْتَشَر من إفريقية إلى أوروبا ثُمَّ توَغَّل بعيدًا حتّى الصِّين وجَاوا.

سَلَفٌ مُشْتَرك

يتَبَيَّنُ من الشواهِدِ المُستَطْلَعةِ أنَّ آخِرَ فَصْلٍ في تاريخ نُشوءِ الإنسان وتطوُّرِه بدأ في إفريقية منذُ حوالى 000 500 سنة. فالتَّشابُهاتُ في المادَّةِ الوِراثيَّة لِجميعِ البَشَر المُعاصِرين تُشيرُ إلى أنّه كان لهُم سَلَفٌ مُشْتَرَكٌ في ذلك الوقت. وأنَّ تغَيُّراتٍ مُناخيَّةً وعُقولًا مُتَطَلِّعةً قادَت هؤلاء الناسَ إلى



حَفْرِيَّةُ اليَد هذه، الجيِّدةُ الحِفْظ، احتُفِرَت عامَ 1999 من صَخْرٍ كِلْسيٍّ في كُهوفِ قُرْبَ ستيرْكفُونتين في إفريقية الجَنوبيَّة. وهي تَخُصُّ أحدَ الأسلاف الأُسترالُوبيثِكسيِّين، ويُقَدَّرُ عُمْرُها بحَوالى ثلاثةِ ملايين سنة.



◄ بَعْدَ انْقِراضِ الدَّيْنوصورات، أخذَ المُناخُ يَبْرِدُ بشكلٍ مُستمِرّ. فتراجعَتِ الحِراجُ أمامَ السُّهوبِ المُعْشِبة، وحلَّتِ اللَّبُوناتُ والطُّيورُ محَلَّ الزواحِفِ التي سادَتِ الأرض لأكثرَ من 200 مِليون سنة. ومنذُ حوالى 50 مليون سنة، كان ما يُعرَفُ اليومَ بجَنوب إنكلترا يُشاطئُ خَطًّا ساحليًّا أشبَهَ بمُسْتَنْقَعٍ قَراميٍّ (مَنْغروفيٍّ) مُعاصِر. وسادَت تلكَ البيئةَ أشجارُ النخيل المُخْشوشِب والمَغنوليَةِ والغار. وطُمِرَت بُزورُ تلك النباتات في الطِّين، لكِن لا يزالُ يوجَد بَعْضُها في الصَّلْصالِ حيثُ موقِعُ لَنْدن اليوم. وخِلالَ المليونَي سنَةٍ الأخيرة، ظهَر العديدُ من اللَّبُوناتِ الضَّخْمة، لكِن حوالى ذُروةِ العَصْرِ الجليديِّ الأخير – منذُ حوالى 000 20 سنَة – راحَ البَشَرُ يُفرِطون في تصيُّدِ تلك اللَّبُوناتِ حتَّى انْقَرضَ بَعْضُها.

هذه بعضُ الجَماجم لأسْلافٍ بَشريَّةٍ أو شِبْهِ بَشريَّة. وقد اكتُشِفَت أنواعٌ وشِبْهُ أنواعٍ عديدةٌ منها. وفي بعضِ المَراحِل لا بُدَّ أنَّ أنواعًا مُختلِفةً منها تعايشَت جَنْبًا إلى جَنْب، وربَّما تنافَسَت بَعْضُها مع بعض. لكِنَّ التطوُّرَ كان لِمَصْلَحةِ الأنواعِ ذاتِ الأدْمِغةِ الأكبَر. ولاحِقًا انتَهى الوضعُ إلى ظهور نوعِنا المُسَمَّى «هوموسِيبيْان»، الجِنْسِ البَشَريِّ – النوعِ الأقْدرِ على البَقاء في عالَمٍ مُتَغيِّر.



رُتبةُ الإنسانِ المُنْتَصِب «هومواِرِكْتَس» ذي الجُمْجُمةِ الأكبر أضحَتْ رتبةَ الرَّئيسات الإفريقيَّةَ السَّائدةَ على الأرض منذُ حوالى 1,6 مِليون سَنة.

جُمْجُمةٌ أخفُّ وَزْنًا للأُسْترالُوپيثِكَسْ أفارنْسِس، النَّوعُ الذي كانت مِنه العَيِّنةُ الشهيرةُ «لُوسي».

أُنثى الأُسْترالُوپيثِكَسْ كانت أقلَّ قُوَّةً، لكن ذاتَ فكَّيْنِ عَضَليَّيْنِ مِثلَه وهي كانت عاشِبةً أيضًا.

النُّتوءان العميقانِ فوقَ الحاجِبَيْن والفكَّانِ القويَّان مَيَّزَت الأُسْترالُوپيثِكَس الذَّكَر. وهو كان حَسنَ المُهاياة لِمضغِ الخَضْراواتِ الخَشِنة.



ظهرَ الإنسانُ المُعاصِرُ الأوَّلُ منذُ 35 000 سَنة. وكان في ذلك الزَّمَن قد حَذِقَ صُنْعَ أدواتٍ عاليةِ الكِفاية. فرؤوسُ السِّهام الصَّوَّانيَّةُ الدقيقةُ المُبيَّنةُ أعلاه تطلَّبت مَهارةً فائقةً في صُنْعِها، وكانت أدواتٍ مُمْتازةً لاصطيادِ الحيَوانات الكبيرة.

أوروبا الشماليَّة – الغنيَّةِ بحيَوانات الصَّيْد الكبيرة، لكِنْ لا تَزالُ تضطَلِعُ بتأثيراتِ العَصْر الجليديّ. ومن شِبْهِ المؤكَّد أنَّ ذلك الجِنْسَ من الأَسْلاف، المُسَمَّى «هوموسِيبيْان» المُؤَهَّلَ بطبيعتِه للتكيُّفِ والمُهاياة، كان قد توصَّل في ذلك الوقت إلى طريقةٍ لإشعالِ النار. ومنذُ حوالى 200 000 سَنة، انتقلَ نُوَيْعٌ (فرعٌ) من هؤلاء الأسلاف يُعرفون بالنيانْدَرثاليِّين، إلى ألمانيا وأوروبا الشَّماليَّة. ثُمَّ، منذُ حوالى 35 000 سَنة، أخذَ يَحُلُّ مَحلَّهُم بَشَرٌ من أسلافِ الإنسان المُعاصِرِ الحَقيقيِّين.

لقد غَيَّرَ الناسُ وَجْهَ كَوكبِ الأرض. فهُم بأدْمِغَتِهم الكبيرةِ تمكَّنوا من تطوير أدواتٍ وآلاتٍ مُخْتَلِفةٍ، ومنَ التَّواصُل باستِخْدامِ وسائلَ لُغَويَّة. كما إنَّ تحكُّمَهم في النار، إشعالًا ومُكافحةً، مُسَجَّلٌ في الرُّسابات المُحيطيَّة – ولَعَلَّ من مَعالِمه الحَرْقَ الجُمليَّ لِلسَّفانّا الإفريقيَّة. ومنذُ حوالى 10 000 سَنة، أخذَ العَصْرُ الجليديُّ الأخيرُ يَنْحَسِر، وأظهَرتِ التقَلُّباتُ المُناخيَّةُ عدمَ استِطاعة الناس الإستِمْرارَ في الاعتِمادِ على قُطْعانِ الحيَوانات البَرِّيَّةِ والسُّهوبِ المُعْشِبة الطبيعيَّة. فبَدأوا يَجْتَثُّون الأشجار ويَسْتَصْلِحُون الأَرضَ للزِّراعة وتَربيةِ قُطعان المواشي. وكانت تلكَ الفَتْرةُ بِدايةَ التحوُّل إلى الزِّراعة – مِمَّا أمَّنَ مَزيدًا، يُعوَّلُ عليه، من مَصادرِ الغِذاء. وبتَحَرُّرِ بعضِ الناسِ من هُمومهم المَعيشيَّةِ انصرفوا إلى إقامةِ المَعابدِ والقُصورِ وتأسيس المُدُنِ الأُولى وتطويرِ الثقافةِ والفُنون وسِواها مِمَّا ندعُوه اليومَ بالحَضارة.





دَوْسَة القَدَم هذه حُفِظَت في رَمادٍ بُركانيٍّ مُصَلَّد. وقد عُثِرَ على صَفٍّ منها في تَنْزانيا يَعودُ إلى حوالى 3,6 مِليون سنة. ورُبَّما خلَّفَت تلك الدَّوسات أقدامُ عابرٍ من أسلافِ البَشَر. إنَّه بِفَحْصِ شواهدَ أُحفوريَّةٍ كهذه يستطيعُ العُلماءُ استِنْباطَ سُلوكِ أسْلافِنا. فمن الواضح هنا مثلًا أنَّ أمثالَ هذا السَّلَفِ كانوا ثُنائيِّي الأرْجُل (يمشون على قدمَيْن). وهذا يُعْتَبَرُ نُقْطةَ تحَوُّلٍ رئيسيَّةً في تاريخ تطَوُّرِ الإنسان.

أُنْظُر أيضًا

الأحافيرُ والأزْمنةُ الجيُولوجيَّة ص 4 – 5

الحياة: الأُصولُ والتطوُّر ص 50 – 51

بنْيةُ الأَرض

كَوكبُ الأَرض ذو بِنْيةٍ طِباقيَّة تتألَّفُ من لُبٍّ مَرْكزيٍّ ودِثارٍ وِشاحيٍّ وقشْرةٍ سَطحيَّة. والأرضُ دائمةُ التغيُّر نَتيجةً لِلقُوى الديناميَّة في باطِنها.



هذا الصخرُ الكثيفُ تكوَّنَ أصلًا في طبقة الدِّثار؛ وهو يَحْوي مَعْدِنًا أخضرَ يُعرَفُ بالأولِفين (الزَّبرجد الزيتونيّ). وكانَ جُلِبَ إلى السَّطح خلالَ ثورانٍ بُركانيٍّ في جُزُر الكَناري. فالعمليَّاتُ الجيولوجيَّةُ، كالثَّوراناتِ البُركانيَّة، غالبًا ما تكشِفُ دَلائلَ حوْلَ البِنْيةِ الباطِنيَّة لِلأرض.

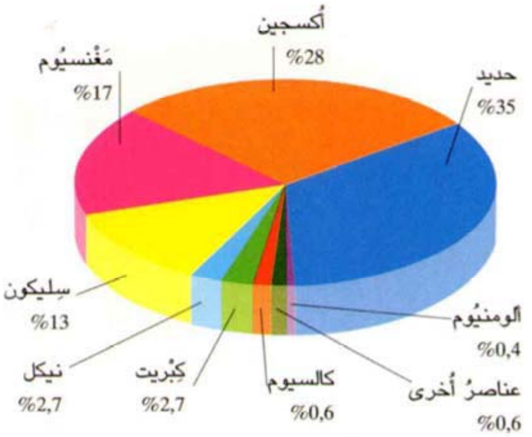
خِلافًا لِصُخور الأرض السَّطحيَّة، فإنَّ الصخورَ الجَوفيَّةَ في أعماقِ مَرْكزِ الأرض مُعَرَّضَةٌ لِضُغوطٍ ودَرجاتِ حرارةٍ هائلة تجعلُها رُغْمَ جِماديَّتِها قابِلةً لِلانسيابِ بِبُطءٍ كجَليدِ المَثالج. وفي بِداياتِ تاريخ الأرض ترَسَّبت المادةُ الأكثفُ - المُؤلَّفةُ غالبًا من فِلِزَّي الحديد والنيكل - مُكَوِّنَةً لُبَّ الأرض الداخليَّ والخارجيّ. لُبُّ الأرض الداخليّ جامِدٌ بِفعل الضُغوط الهائلة عليه ويبلغ قُطرُه 2600 كم تقريبًا. أمّا اللُّبُّ الخارجيُّ فَصَهير بفضل درجاتِ الحرارةِ التي تفوق 4000 درجة سلسيوس وسماكته حوالى 2200 كم. وفوقَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور يتواجَدُ الدِّثارُ (الوِشاح) بِعُمق حوالى 3300 كم. وهو يتألَّفُ من صُخورٍ سِليكاتيَّةٍ كثيفةٍ (تحوي السِّليكون والأكسجين). وتَطْفو القِشْرةُ المُحيطيَّةُ والقارّاتُ على هٰذه الطبقات كطبقةٍ رقيقة عمقها 70 كم تحت القارّات وحوالى 6 كم فقط تحت المحيطات.

دواخِلُ اللُّبّ

من العَسيرِ جِدًّا تصَوُّرُ الظروفِ في دَواخِلِ لُبِّ الأرض بسَبَبِ الضُّغوطِ الهائلة ودَرجاتِ الحرارة التي تُقاربُ 4000°س. ويَسْتطيعُ الجيُولوجيُّون تقديرَ درجاتِ الحرارة في النطاقِ الفاصِلِ بين اللُّبِّ الداخليِّ والخارجيّ. يتألَّفُ



مَوجاتٌ زِلْزاليَّةٌ تَصدُر ثُمَّ ترتَدُّ من هَزَّةٍ أرضيَّةٍ في شَرق إفريقية. ويَستطيعُ الجيُولوجيُّونَ اسْتِنباطَ مَعالِمِ بِنْيةِ كوكَبِ الأرض بتَوقيتِ وُصولِ المَوجاتِ إلى مَحطَّاتٍ مُراقبةٍ حولَ العالَم. مَوجاتُ الضَّغْط الحمراءُ تَستطيعُ عُبورَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور. والمَوْجاتُ المُستَعْرِضةُ الزَّرقاءُ تستطيعُ فقَط عبُورَ طَبَقتَي الدِّثار والقِشْرةِ الجامدتَيْن.



العُنْصر الأكثرُ بين مُقَوِّماتِ الأرض هو الحديد، الذي يَتركَّزُ غالبًا في نِطاق اللُّبِّ الأرضيّ. وتُشَكِّلُ المُركَّباتُ المُسمَّاةُ سِليكات المَغْنسيُوم - التي تَحْوي المَغْنسيُوم والسِّليكون والأكسجين - مُجْمَلَ كُتْلةِ الدِّثار. وهذه العناصِرُ في مُعْظَمِها كانت قد تكوَّنت في الفَضاءِ منذُ مَلايين السِّنين.

لُبُّ الأرض من حَديدٍ مَمْزوجٍ بِشَوائبَ مُعَيَّنة. وقد تمكَّنَ العُلماءُ من تقديرِ وتمثيلِ الضُّغوط ضِمْنَ لُبِّ الأرض صُنعيًّا واكتشفوا أنَّ درجةَ الحرارة فيه تُقاربُ 4000°س.

يَسْري الحديدُ المَصْهورُ دوَّارًا في اللُّبِّ الخارجيِّ ببُطءٍ حوْلَ اللُّبِّ الداخليِّ الجامد. والتيَّاراتُ الكهربائيَّةُ ضِمْنَه توَلِّدُ مجالَ الأرض المِغْنَطيسيّ. هذا المَجالُ يَمْتَدُّ بعيدًا في الفَضاءِ مُكوِّنًا غِلافًا مِغْنَطيسيًّا حوْلَ سطحِ الكوكب الأرضيِّ حارِفًا الجُسَيْماتِ المَشْحُونةَ كهربائيًّا الواردةَ من الشَّمْس كدِرعٍ يَقينا من الإشعاعاتِ المُؤذية. المَجالُ المِغْنَطيسيُّ المُوَلَّدُ في اللُّبِّ ربّما تَعْتَريه تغَيُّراتٌ هائلةٌ، لكِنَّ معظَم هذه التغَيُّراتِ تتضاءَلُ بِفعل الدِّثار. والمعلومُ أنَّه كُلَّ حوالى 100 000 سنَةٍ تَتزايدُ هذه التغَيُّراتُ وتتعاظَمُ بحيثُ ينعكِسُ معها مَجالُ الأرض المِغْنَطيسيُّ بالكامل.

تَقَصِّي دَواخِلِ الكَوكَب

الحرارةُ التي توَلَّدت بتكَوُّنِ كوكبِنا لا تزالُ مُسْتَمِرَّةً في البُرود، وهي تُطلَقُ من باطن الأرضِ مع تَجَمُّدِ اللُّبِّ الداخليِّ واضْمِحلالِ العناصر المُشِعَّة. هذه الحرارةُ لا بُدَّ لها من الإفلات - والصخرُ كما هو معروف عازلٌ جيِّدٌ. فلإفلاتِ الحرارة يَنْبغي سَريانُ صخورِ الدِّثار حولَ اللُّبِّ الداخليّ. فبذلك، تُحْمَلُ الحرارةُ صُعُدًا مع صُعودِ صخرِ الدِّثارِ الحارّ. وهذه الحَركةُ تُسَبِّبُ الزَّلازِلَ (الهَزَّات الأرضيَّة) على السَّطح حيثُ الصُّخورُ قَصِفةٌ. وباستِخْدام شبكةٍ من مَحطَّاتِ المُراقبة، يَستطيعُ خُبراءُ الزَّلازل -

العلماءُ الذين يدرسون الهَزّاتِ الأرضيَّةَ – توقيتَ وُصولِ المَوجات الزَّلزاليَّة إلى مُختلِف هذه المَحطَّات. ومن هذه المَعْلومات تستطيعُ حواسيبُ قويَّةٌ رَسْمَ صُورةٍ لِباطِنِ الأرض، تمامًا كالصُّورة (التفريسة) الطِّبِّيَّة التي يَرسُمها المِفْراسُ الطِّبِّيُّ لِدواخِلِ جِسْمِك.

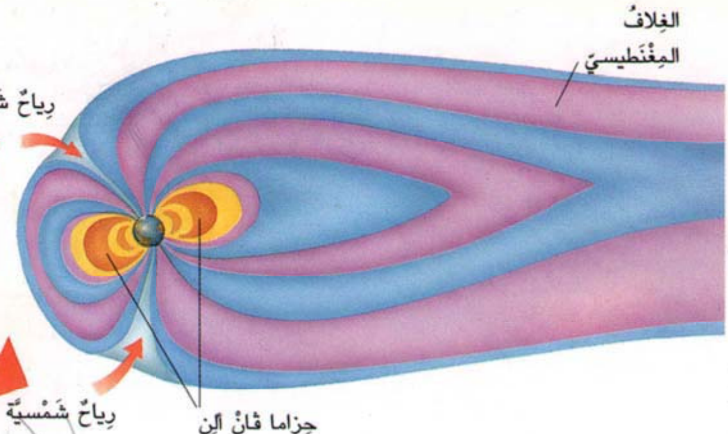
أنشِطةٌ تَفْتعِلُ في باطِنِ الأَرض

التفريساتُ من باطن الأرض تكشِفُ ذُؤاباتٍ من مادَّةِ الدِّثارِ الحارَّةِ مُتصاعِدةً نحوَ السَّطح تَفْتَعِلُ في قِمَّتها غالبًا أنشِطةً بُركانيَّة. والمعروفُ أنَّ المَوجاتِ الزَّلزاليَّةَ تَعبُرُ هذه المادّةَ الطَّرِيَّةَ الحارَّةَ بتباطُؤٍ أكثر – بالمقارنةِ مع مادّةِ الصَّخرِ الصَّلْدِ الباردةِ الهابطةِ في الدِّثار حيثُ تتوارى القِشْرةُ المُحيطيَّةُ الباردةُ تحتَ القارَّات. وبتَحليلِ المُعطياتِ الزَّلزاليَّة، اكتشفَ الجيُولوجيُّون حاجِزًا فاصِلًا بِعُمقِ حوالى 670 كم داخِلَ الدِّثار. ويَبْدو أنَّ الصخورَ الهابطةَ تتجمَّعُ هناك، مِمّا حدا بِبَعضِ الجيولوجيِّين على الاعتِقاد أنَّ ٱمْتِزاجَ مادّةِ الدِّثار بكامِلِها لا يَتِمُّ في دَورانٍ مُفْرِدٍ، بل إنَّ هنالك طبقتَيْن من الدَّورانِ الصَّخْريّ.

ويُشيرُ التحليلُ الحديثُ لِلمُعْطَياتِ الزَّلزاليَّة إلى أنَّ هُناكَ طبقةً رقيقةً أُخرى في قاعدةِ الدِّثار، يَبْلُغُ سُمْكُها بضعَ عَشَراتٍ من الكيلومترات. هذه الطبقةُ ليسَت مُتَواصلةً، بَل هي أشبَهُ كثيرًا بِسِلْسلةٍ من القارَّاتِ العِملاقةِ على الجانبِ السُّفليِّ من الدِّثار. وقد تكون هذه الكُتَلُ الصفائحيَّةُ تكوَّنَت باختِلاطِ صُخورٍ سِليكاتيَّةٍ من الدِّثار مع موادَّ غَنيَّةٍ بالحديد من اللُّبّ. وهناكَ تفسيرٌ آخَرُ يَرتَئي أنَّ هذه المنطقةَ تقَعُ حيثُ ٱستقَرَّت المُحيطاتُ العتيقة. فبَعْدَ الهُبوطِ إلى قاعدةِ الدِّثار العُلْويِّ، انضَغطَتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ البارِدةُ إلى طبقةٍ صخريَّةٍ بالِغةِ الكثافة. وبذلك أمكَنَ لهذه الطبقةِ ٱخْتِراقُ طبقةِ الـ 670 كم والغَوْصُ عميقًا لِتستقِرَّ في الإنْتشارِ في قاعدةِ الدِّثار. ثُمَّ بإحماءِ اللُّبِّ للطبقةِ الصخريَّةِ الكثيفة ببُطءٍ، فإنَّها ستَصْعدُ مُجدَّدًا لِتُكوِّنَ قِشْرةً مُحيطيَّةً جديدة.

إسْتِنباطُ الدلائل

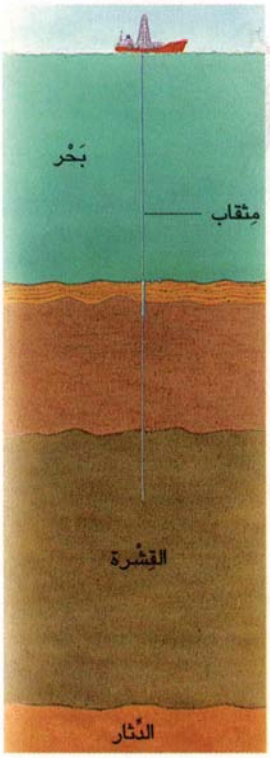
اليابِسةُ المُنْضَغطةُ بِثِقْلِ جليدِ العَصْرِ الجليديِّ الأخير، بالإضافة إلى قُوَّةِ جَذْبِ القَمَرِ في المَدِّ والجَزْر، تَعملان على تَبْطئةِ سُرعة كوكبِنا المُدَوِّم تَدْريجيًا. ونَتيجةً لذلك، فإنَّ أطوالَ النَّهارات واللَّيالي تَتَزايدُ بمَقاديرَ ضئيلةٍ جدًّا. كذلك فإنَّ هناك تغَيُّراتٍ أُخرى أصغرَ بحُدودِ بضْعةِ أجزاءٍ من البِليون من الثانية. وقد تكونُ هذه التغَيُّراتُ نتيجةً لتأثيرِ الضَّغْطِ الجوِّيِّ على سَلاسِلِ الجبال. والأهمُّ من ذلك أنَّ حركةَ الدَّوران في اللُّبِّ الخارجيِّ للأرض تدفَعُ حُيودًا وأَوديَةً في قاعدةِ الدِّثار أشبَه بجِبالٍ مَقْلُوبةٍ رأسًا على عَقِب. والتغَيُّراتُ في طُولِ النَّهاراتِ هي قِياسٌ لِحَركةِ دَورانِ اللُّبِّ، وهي تُوَفِّرُ دَلالةً أُخرى على العمليَّاتِ الجُيولوجيَّةِ الجاريةِ في باطِنِ الأرض.



▲ يُشَكِّلُ مَجالُ الأرض المِغْنَطيسيُّ غِلافًا مِغْنَطيسيًّا يمتَدُّ فوق سَطْحِ الأرض بعيدًا في الفَضاء. وتَضْغَطُ رِياحُ الجُسَيْماتِ المَشْحونةِ المُنْدفِقةُ من الشَّمْس على الغلافِ المِغْنَطيسيّ بحيثُ يَنْدَفِقُ مع الرِّياح الشمسيَّةِ سَفْلًا كذيلِ مُذَنَّبٍ فَضائيّ.



◄ شَكْلُ المَجالِ المِغْنَطيسيّ يجعَلُه يَبْدو كأنَّ قضيبَ مِغْنَطيسٍ ضَخمًا يتوسَّطُ باطِنَ الأرض. أمَّا خُطوطُ القُوَّةِ المِغْنَطيسيَّةِ القَويَّةُ فهي تتكوَّنُ بفِعْلِ التيَّاراتِ الكهربائيَّةِ الدائرةِ ضِمْنَ اللُّبِّ الخارجيِّ المَصْهور.



يُمكِنُ لِعَيِّناتِ الحَفْر كشفُ الطَّبَقاتِ الصَّخْريَّةِ في قِشْرةِ الأرض. وحتَّى الآن تتوَفَّرُ إمكاناتُ الحَفْرِ لِلتَّوصُّلِ إلى الدِّثار.



الشَّفَقُ الشَّماليُّ يَملأُ سَماءَ الليلِ فوقَ الدائرةِ القُطْبيَّةِ الشَّماليَّة. فحَيثُ يَتلاءمُ مَجالُ الأرضِ المِغْنَطيسيُّ عندَ القُطْبَيْن، تَصدِمُ الجُسَيْماتُ المَشْحونةُ من الشَّمْس ذرَّاتٍ في الغلافِ الجوِّيِّ مُكَوِّنةً هذا العرضَ الرائع. وبالنَّسقِ نفسِه يَحدثُ الشفقُ الجنوبيُّ في المناطقِ المُحيطةِ بالقُطْبِ الجَنوبيّ.

أُنْظُر ايضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10 – 11
الزَّلازل ص 20 – 21
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

جَوُّ الأَرض (الغِلافُ الجَوِّيُّ لِلأَرض)

يُحيطُ بالأَرضِ غِلافٌ غازيٌّ يُسَمَّى الغِلافَ الجَوِّيّ. هذا الجَوُّ يَقينا من الحدود القُصوى والدُّنيا في الظروفِ الفَضائيَّةِ ويُبْقي على دِفئنا؛ وهوَ سبَبُ مَنظوماتِ الطَّقْسِ التي تَسودُ أقاليمَنا.

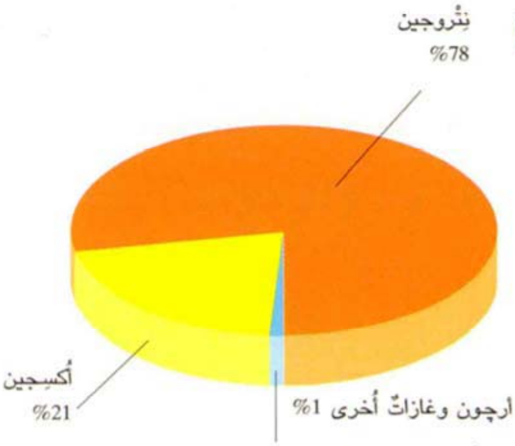


طائرةٌ نفَّاثةٌ تتسارعُ عَبْرَ الغِلافِ الجَوِّيِّ للأرضِ مُخَلِّفةً وراءَها أثرًا مَرْئيًّا لِمَسارِها كذَيلٍ من سَحاب. هذا الأثَرُ الذيليُّ هو هواءٌ فائقُ البُرودةِ تكَثَّفَ فيه بُخارُ الماءِ من عادِمِ المُحَرِّك كبِلَّوراتٍ جليديَّةٍ دقيقة.

لَولا الغِلافُ الجَوِّيُّ لِلأَرض، ما كانت الكائناتُ الحيَّةُ تَتمكَّنُ من البَقاءِ أمامَ وَبْلِ الإشعاعاتِ الشمسيَّةِ والكَوْنيَّةِ المُستَمرِّ وفي مُجابَهةِ هَيْلِ النَّيازك والشُّهُبِ والتَعرُّضِ الدَّوريِّ لِحَدَّي درجةِ الحرارةِ الأقصى والأدنى. فالغِلافُ الجَوِّيُّ يَقي الكائناتِ الحيَّةَ من مِثلِ هذه التَّهْديدات الكامِنةِ المُهْلِكةِ بإحاطةِ الأرضِ بطَبَقةٍ، سُمْكُها 300 كم، من الغازاتِ والسَّوائلِ والجُسَيْماتِ الأُخرى. وهذا الغِلافُ لا يَتْرُك الأرضَ بفَضْلِ قُوَّةِ الجاذبيَّة. الغِلافُ الجوِّيُّ على مَقْرُبةٍ من سَطْحِ الأرض عالي الإنضِغاطيَّةِ، وبالتالي عالي الكثافةِ النسبيَّة، لكنَّه يَغْدو أرَقَّ وأقَلَّ كثافةً بتزايُدِ الارتفاع. في مُسْتَوياتِ الجَوِّ السُّفْلى تُوَزِّعُ الرِّياحُ والعَواصفُ الحرارةَ من الشَّمْس؛ وفي المُسْتَوياتِ العُلْيا تَتصادَمُ الجُزَيئاتُ التي تُؤَلِّفُ الغِلافَ الجوِّيَّ مع الشُّهُبِ والإشعاعاتِ الواردةِ من الفَضاء.

تاريخٌ مُوجَز

في البِليون سنةٍ الأولى من عُمْرِ الأرض، كانَ الجَوُّ مُخْتلِفًا جِدًّا عمَّا هو عليه اليوم. ففي البَدأةِ كانَ الجَوُّ مَزيجًا من النِّتْروجين وثاني أُكسيد الكربون وبُخارِ الماء. والمَعْروفُ أنَّ غازَ ثاني أكسيد الكربون هو من الغازات التي تحتَبِسُ حرارةَ الشَّمْس، لذا يُسمَّى غازَ الدفيئات. فهذا الغازُ يُمِرُّ ضوءَ الشَّمْس الذي يُنيرُ كوكبَ الأرض ويُسَخِّنه لكنَّه يمنَعُ الحرارةَ من الإفلات. وهكذا، فقد عمِلَ ثاني أكسيد الكربون كطبقةِ حَجْبٍ أبقَت على دِفْءِ الأرضِ الفتيَّة. وعندما نَشأتِ الكائناتُ الحيَّةُ الأُولى، أخذَت تَستَهْلِكُ ثاني أكسيد الكربون في الجَوِّ وتُطلِقُ غازًا جديدًا في جَوِّ الأرض هو غازُ الأُكسِجين مِمَّا أتاحَ لحيواناتٍ أُخرى البَقاءَ حَيَّةً بتَنَفُّسه وإطلاق ثاني أُكسيد الكربون – مُعيدةً التوازُنَ إلى الجَوّ. وقد بدأَ التَنَفُّسُ في تلك الحيوانات عَبْرَ الخياشيم ثُمَّ عَبْرَ الرِّئات. هذا ويَعتَقدُ المختصُّون أنَّ تَرْكيزاتِ الأُكسجين ظَلَّت ثابتةً على مَدى البِليونِ سنةٍ الأخيرة.



هذا المُخَطَّطُ الدائريُّ يُبَيِّنُ تركيبَ جَوِّ الأرض. فالنِّتْروجينُ والأُكسجينُ يُؤَلِّفان مُعظمَ الغِلافِ الجَوِّيِّ للأرض. وهنالك غازاتٌ أُخرى تشمَلُ الأرجون وثاني أُكسيد الكربون والميثان. وقد أسهَمَتِ الأنشِطةُ البَشَريَّةُ في زيادةِ مناسيب هذه الغازات، مِمَّا أدَّى إلى حُمُوِّ المُناخِ العالميِّ للأرضِ بِقَدْرٍ مَحْسوس.

طَبَقاتُ الجَوّ

ليسَ للجَوِّ حُدودٌ مُحَدَّدة. فالسَّواتِلُ الفَضائيَّةُ تَدُورُ على عُلُوٍّ أكثرَ من 300 كم فوقَ سَطْحِ الأرض – حيثُ الجَوُّ يكادُ يكونُ خَواءً لِشِدَّةِ رِقَّتِه. هذه المِنْطقةُ تُسَمَّى الثَّرْمُوسْفير حيثُ الذرَّاتُ حارَّةٌ جَدًّا (2000°س تقريبًا)، لكِنَّها قليلةُ الكثافةِ العدديَّة جِدًّا بحيثُ لن تحرقَك. تَمتَدُّ طَبقةُ الغِلافِ الحراريِّ

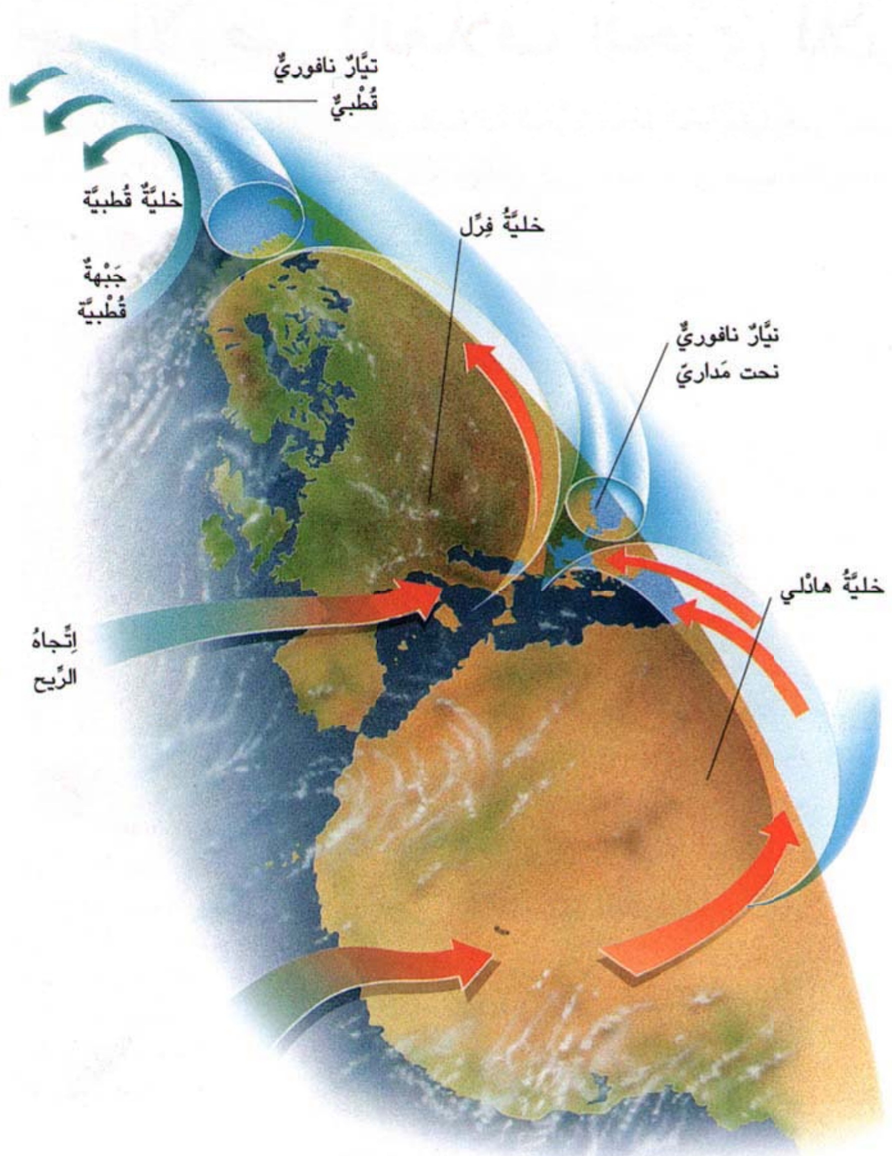


هذا مَقْطَعٌ عَبْرَ الغلافِ الجوِّيِّ من مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر حتَّى بداياتِ الفَضاءِ الخارجيّ. تُشكِّلُ طبقةُ الغلافِ السُّفليّ المَعْروفةُ بالتروپُوسْفير أوَّلَ 15 كم من الغلافِ الجوِّيِّ وتَحْوي مَنْظوماتِ الطَّقْس والمَسالكَ الرئيسيَّةَ للطائرات في العالَم. وتتواجَدُ طبقةُ الأوزونِ الواقيةُ على ارْتفاعِ حوالى 20 كم، ضِمْنَ الستراتُوسْفير – الغلافِ الرقيقِ البارِد. بالوناتُ رَصْدِ الطَّقْس تَسْتطيعُ الصُّعُودَ عَبْرَ الستراتُوسْفير كما تستطيعُ ذلك أيضًا الطائراتُ فوقَ الصَّوتيَّة وسُحُبُ الرَّمادِ البُركانيّ. ويقَعُ الميزوسْفير فوقَ الستراتُوسْفير، الذي يتضمَّنُ الأيُونوسْفير – الطبقةَ الراديويَّةَ العاكِسة. ويَمتَدُّ الغِلافُ الحراريّ (الثَّرْمُوسْفير) ارْتفاعًا في الفَضاءِ ويَشْمَلُ الإكسُوسْفير، حيثُ تُفْلِتُ بعضُ جُزَيئاتِ الغازِ إلى الفَضاءِ الخارجيّ. هذا ويَحْدُثُ الشَّفَقان، الشماليُّ والجنوبيّ، في اتِّجاه قاعدةِ الثَّرْمُوسْفير في كِلا القُطْبَيْن.

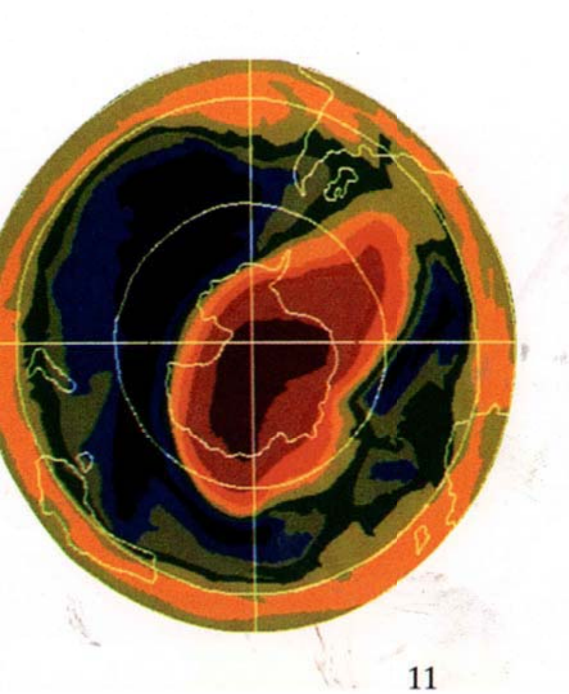
(الثِّرمُوسْفير) نُزُولًا حتَّى حوالى 80 كم فوقَ سَطْحِ الأرض. وهنا تبدأُ مِنطقةُ الميزوسْفير حيثُ الذرّاتُ مُتأيِّنةٌ - أي إنَّها قد خسرَت إلِكْترونات، وبإمكانِها عَكْسُ المَوجاتِ الرّاديويَّةِ القَصيرةِ الطُّولِ المَوجيّ. وتُسَمَّى هذه المِنْطقةُ عادةً الأَيُونوسْفير، وهي بالِغةُ الأهمِّيَّة في الإتِّصالاتِ الراديويَّةِ العالميَّة. والطبقةُ التاليةُ هي طبقةُ الستراتُوسْفير التي تَمتَدُّ نُزُولًا حتّى قُرابةِ 15 كم فوقَ سَطْحِ الأرض. هذه الطبقةُ الأبرَدُ تضُمُّ طبقةَ الأوزون؛ وهي حِجابٌ واقٍ يَصُدُّ الأشِعَّةَ فوقَ البَنَفسجيَّة المُؤذيةَ من شَعِّ الشَّمْس - رُغمَ تَضَرُّرِها مؤخَّرًا بفِعلِ الكيماويَّاتِ التي تُطْلِقُها الأنْشِطةُ البَشَريَّة. هذا وقد تقذِفُ الثَّوَراناتُ البُركانيَّةُ القويَّةُ الغُبارَ والغازاتِ الحامضيَّةَ إلى الستراتُوسْفير. التروپُوسْفير يؤلِّفُ الـ 15كم الأخيرةَ مِن الغِلافِ الجوّيّ ويَحْوي 80% من كُتْلتِه. وفي هذا الجُزْءِ من الجَوّ، تَجْري عواملُ الطَّقْس العالميَّةُ مَجْراها.

ميزانٌ دَقيق

الغِلافُ الجَوِّيُّ في توازُنٍ دِيناميٍّ مُتَقَلْقِل. ففي عمليَّةِ التركيب (التخليق) الضوئيّ، تمتَصُّ النَّباتاتُ ثاني أُكسيد الكربون وتُطلِقُ الأُكسجين. الحَيواناتُ، وفي الواقع مُعظمُ الكائناتِ الحيَّة، تَمْتَصُّ الأُكسجينَ في عمليَّةِ التنَفُّس وتُطلِقُ ثاني أُكسيد الكربون وغازاتٍ أُخرى، كالميثان، إلى الجَوّ. الأنشِطةُ البَشَريَّةُ حديثًا تعيدُ الكثيرَ من الكربونِ المُخْتزَنِ في الصُّخور إلى الجَوِّ. وهذا يتسَبَّبُ في مُناخٍ عالميٍّ أسخَن. كذلك فإنَّ طبقةَ الأوزون في أعالي الجَوّ تَتعرَّضُ للاستِنْزافِ بسُرعةٍ نتيجةً للأنشِطةِ البَشَريَّة، مِمّا يُتيحُ للإشعاعاتِ الشمسيَّةِ المُؤذِيةِ بُلوغَ سَطْحِ الأرض. وإذا ما استَمَرَّ إحداثُ مثلِ هذا الخَلَل في الغِلافِ الجَوّيِّ، فقد لا يَغْدو كوكَبُنا ذلكَ المكانَ الهَنيءَ للعَيش مُسْتَقبلًا.



▲ الدَّورانُ الأجوائيُّ يَنْقُلُ الحرارةَ من خَطِّ الإسْتِواءِ وإليه بواسِطة سِلْسِلةٍ من خلايا الحَمْلِ الحَراريّ. الخَليَّةُ الأُولى - خليَّةُ هادْلي - تَنْقُلُ الهواءَ السَّاخِنَ شمالًا فوقَ المِنْطقةِ المَداريَّة. وتقَعُ المِنْطقةُ المُعتدِلةُ من العُروض الجُغرافيَّة في نِطاقٍ تحَكُّم خليَّةِ فِرِّل - فيما تُغَطِّي خَليَّتا القُطبَيْن المِنْطقتَيْن القُطبيَّتَيْن.



► على مَدى أكثرَ من 20 عامًا يَظْهَرُ دَوريًّا في شَهْرِ تشرين الأوَّل (أكتوبر) من كُلِّ عام ثَقْبٌ في طبقةِ الأُوزون الستراتُوسْفيريَّة فوقَ القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة. ففي الهواءِ البارِدِ السَّاكِنِ في شِتاءِ هذه القارَّة، تعملُ كيماويَّاتٌ تَحْوي الكلُور، تُسَمَّى مُرَكَّباتِ الكربون الكلورينيَّةَ الفلورينيَّة، على تفكيكِ الأُوزون. هنا يُرْصَدُ الثَّقْبُ حاسُوبيًّا من خِلالِ المُعْطَياتِ التي تَبُثُّها السَّواتِلُ الفَضائيَّة.



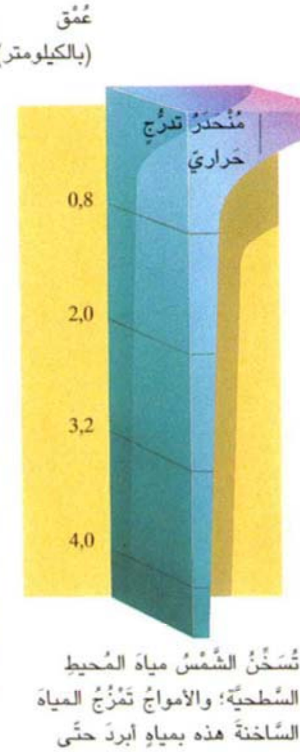
عالِمٌ يَدْرسُ المُعْطَياتِ الحاسوبيَّةَ المُناخيَّةَ في مَرصَدِ جَبل مُونا لُوَا في هاواي - حيثُ تُسْتَخْدمُ نَبَضاتُ ضوءِ اللّيْزر لِقياسِ كمِّيَّةِ الغُبار والغازاتِ البُركانيَّةِ والأوزونِ في طَبَقةِ الستراتُوسْفير.

أُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 - 37
النَّبات - عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 - 57
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المُحيطات

تُغطّي المياهُ ما يَزيدُ على 70% من سَطح الأرض – حَوالى 2% منها جَليدٌ، وأقلُّ من 1% منها ماءٌ عَذْبٌ وبُخارُ ماء.



تُسَخِّنُ الشَّمْسُ مياهَ المُحيطِ السَّطحيَّة؛ والأمواجُ تَمْزُجُ المياهَ السَّاخنةَ هذه بمياهٍ أبردَ حتّى عُمْقِ 100م تقريبًا. ودونَ هذا المُسْتَوى، يكونُ المَزْجُ ضئيلًا وتَهبِطُ درجةُ الحرارة بسُرعة. ويُسَمّى الحَدُّ بين الطبَقاتِ الساخِنة (باللَّوْن الوَرْديّ) والطبقاتِ البارِدة (باللَّوْن الأزرق) مُنْحَدَرَ التدرُّجِ الحَراريّ. هذا الحَدُّ يَمْنَعُ المُغَذِّياتِ في مياهِ الأعماقِ من الانْتِقالِ صُعُدًا.

مُنْذُ أربعةِ بَلايينَ سنةٍ، كان سَطْحُ الأرض أسخنَ كثيرًا مِمَّا يُمكِنُ لِلماءِ أنْ يتواجَد فيه كَسائل. والماءُ الذي كان يُبْعَثُ كبُخارٍ في الغازاتِ البُركانيَّة كان ينطلِقُ غازًا يَنْتشِرُ في الفَضاء. ومنذُ حوالى 3,85 بليون سنة، بردَتِ الأرضُ إلى درجةٍ تسمَحُ بتكَوُّنِ غِلافٍ جَوِّيٍّ من الغازاتِ البُركانيَّة، بما فيها بُخارُ الماء. ثُمَّ مع تزايُدِ بُرودة السَّطْح بدأ بُخارُ الماءِ بالتكاثُفِ مَطَرًا مِدرارًا مُكَوِّنًا المُحيطاتِ في الأماكنِ المُنْخَفضةِ من سَطْحِ الأرض.

ومُنْذُ تكَوُّنِ المُحيطات، يَستمِرُّ المَطَرُ بالتَّساقُط جارِفًا الأملاحَ والموادَّ الذوَّابةَ الأُخرى من الصُّخور إلى البِحار. لِذا فإنَّ مياهَ البِحار مالِحةٌ. ويُقَدِّرُ الخُبراءُ أنَّ الأملاحَ في المُعَدَّل تُشَكِّلُ حوالى 2,9% من وَزْنِ مياهِ المُحيطات. بعضُ البِحارِ، كبَحْرِ البَلْطيك، أقلُّ مُلوحةً من سِواها بفَضْلِ وَفرةِ الماءِ العَذْبِ من الأنهارِ التي تَصُبُّ فيها، ولقِلَّةِ التَبَخُّر. أمّا في البَحْرِ المَيْت، حيثُ التَبَخُّرُ سَريعٌ جدًّا، فالمُلوحةُ أكثرُ من المُعَدَّل بسِتَّةِ أضعاف.

الأوضاعُ تحتَ السَّطح

عندما نتَطلَّعُ عَبْرَ البَحْر، أو حتّى عندما نُبْحِرُ أو نَسْبَحُ فيه، فإنَّا لا نُدرِكُ إلّا سَطْحَه. لكِنَّ مُعَدَّلَ عُمْقِ المُحيطاتِ يبلغُ حوالى 5000 مِتْر، وأخاديدُ المُحيطات الأعمقُ تَغُور إلى عُمْقِ 11 000 مِتْر. وبالمُقارنة فإنَّ جَبلَ إفِرِسْت أقصرُ بما يَزيد على كيلومتَرَيْن من عُمْقِ هذه الأخاديد.

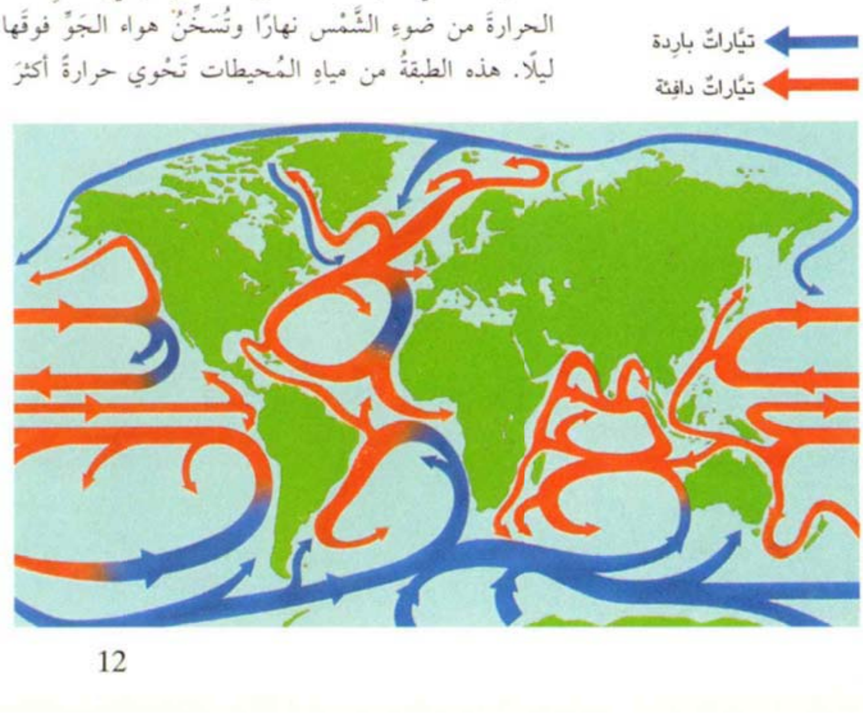
وقد تَبْلُغُ درجةُ حرارة بِضْعةِ الأمتارِ العُلْويَّةِ من المُحيطات في المِنطقة المَداريَّة 26°س. وهي تَخْتَزِنُ الحرارةَ من ضوءِ الشَّمْس نهارًا وتُسَخِّنُ هواء الجَوِّ فوقَها ليلًا. هذه الطبقةُ من مياهِ المُحيطات تَحْوي حرارة أكثرَ من الغِلافِ الجَوّيِّ بكامِلِه. وحيثُ تتواجَدُ مُغَذِّياتٌ في النِّطاق الضوئيّ، الذي تخترقُه أشعَّةُ الشَّمْس، تزدَهِرُ نماءاتٌ شاسِعةٌ من الطحالِبِ البَحْريَّة الدقيقةِ أو العوالِقِ النَّباتيَّة. لكِنَّ المياهَ الدافئةَ تطفُو على السَّطح، وغالبًا ما تكونُ المُغَذِّياتُ نادرةً ما لَم تَنْجَرِفْ نُزولًا مع صَبيبِ الأنهار أو تُقَلَّبُ صُعُودًا من مياهٍ أعمقَ. وتَحْتَ النِّطاقِ الضوئيّ (الأعمقِ من 200 مِتْر) هناك عالَمٌ مُختلِفٌ تمامًا من المياهِ البارِدةِ المُظْلِمة، تَرْتَعُ فيه أنواعٌ عديدةٌ مُختلفة من الكائناتِ الحيَّة. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ المُحيطاتِ تُوَفِّرُ الغذاءَ لملايينِ الناس؛ وتَخْتَزِنُ أيضًا قُراراتٍ غَنِيَّةً من النِّفْطِ والغازِ والمَعادِن.



ماءُ البَحْر العاديُّ يَحْوي 96,5% ماء، وحوالى 3% كلوريد الصوديُوم الذي يُكْسِبُ ماءَ البَحْر طعْمَه المالِح. ويَحْوي كذلك مَقاديرَ ضئيلةً من أملاحٍ عديدةٍ أُخرى.

التيّاراتُ المُحيطيَّة

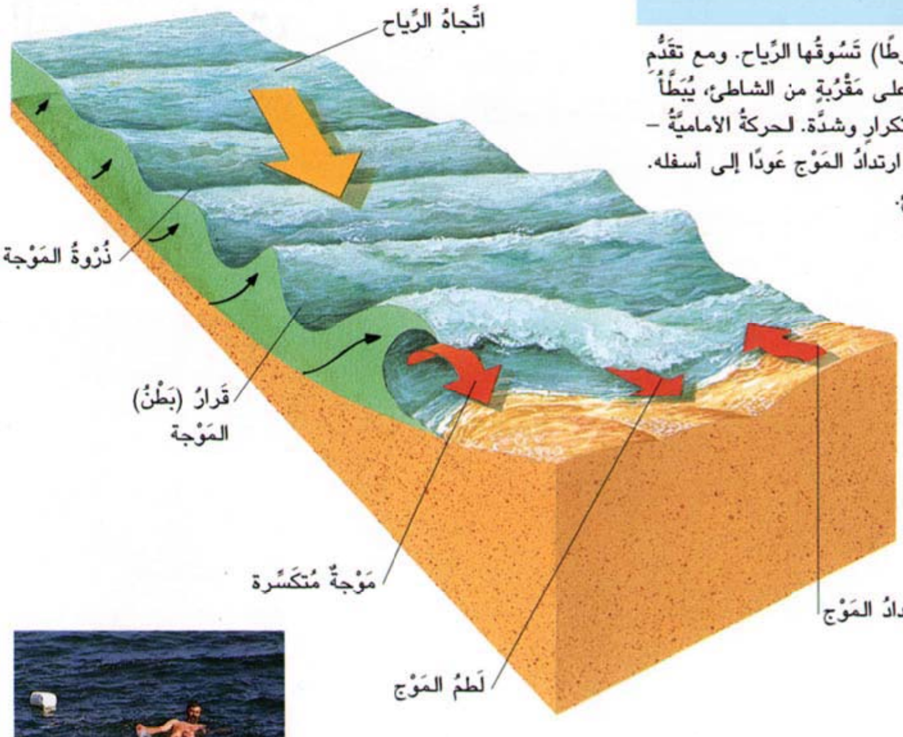
تدورُ الحرارةُ في المُحيطات في سِلْسلةٍ من التيّاراتِ الدائريَّةِ أو الدُّوَّاميَّة (الجيُوستروفيَّة) بفِعلِ دَوران الأرض. وحيثُ إنَّها أسيرةُ الرِّياح، فإنَّها تنزِعُ إلى الانْسِيابِ شَزْرًا (باتِّجاه عقارِب السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ وبَتًّا (ضدَّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَة الجَنوبيّ. لكِنَّ القارَّاتِ تُشَوِّشُ هذا النَّسَق.



التيّاراتُ المائيَّةُ على سُطوحِ المُحيطات تَسُوقُها الرِّياحُ السَّائدة. هذه التيّاراتُ تتحَرَّكُ دُوَّاميًّا (بتأثيرِ تَدويم الأرض). معظمُ التيّاراتِ الدَّافئة تبدأ على مَقْرُبةٍ من خَطِّ الإسْتِواء – فيما تبدأ معظمُ التيّاراتِ البارِدةِ على مَقْرُبةٍ من القُطْبَيْن. فتيّارُ الخليج وتيّارُ الانْسِياقِ الأطلسيِّ الشَّماليِّ يَنْقُلان المياهَ الدافئةَ من مضائقِ فلُوريدا نحو أُوروبا الغربيَّة واسكندنافية. والتيّارُ الدُّوَّاميُّ القُطْبيُّ الجنوبيُّ هو تيّارٌ دائريٌّ من المياهِ البارِدة يَنْسابُ شَزْرًا حولَ القُطْبِ الجَنوبيّ.

قُدرةُ المَوْج

تبدأُ الأمواجُ في عُرْضِ المُحيط كذَبْذَباتٍ بَسيطةٍ مُستَعْرِضةٍ (صُعُودًا وهُبوطًا) تَسُوقُها الرِّياح. ومع تقَدُّم المَوْجةِ تَسْري المياهُ بحَرَكةٍ دائريَّة. وعندما تبلغُ المَوْجةُ المياهَ الضَّحْلةَ، على مَقْرُبةٍ من الشاطئ، يُبْطِئُ الجُزْءُ السُّفْليُّ لِتلك الحركة وتَتكَسَّرُ ذُرَى الأمواج أو تَنْقلِبُ طارِقةً الشاطئَ بِتكرارٍ وشدَّة. لحركةُ الأماميَّةُ – أو لَطمُ المَوْج – تجرِفُ الرِّمالَ والحَصَى إلى أعلى الشاطئ – ثُمَّ يَجُرُّها ارتدادُ المَوْج عودًا إلى أسفله. وحيثما تَلْتقي الأمواجُ بالشاطئ زاويًّا فإنَّ الموادَّ ترتكِمُ على طولِ الشاطئ.





حيثُ تَلْتقي الأمواج العارِمةُ من عُرْضِ المُحيط بالشاطئ، قد ترتكِمُ الموادُّ في مكاسِرِ مَوجٍ رائعةِ المَنْظَر في تحَدٍّ مُثيرٍ، وأحيانًا خَطيرٍ، لِراكبي الأمْواج المتكَسِّرة.

خرائطُ التيَّاراتِ المُحيطيَّةِ السَّطْحيَّةِ الرئيسيَّة لا تُبَيِّنُ الدَّورانَ الذي يَجْري أيضًا في الأعماق. فتيَّارُ الخليج وتيَّارُ الإنْسياق الأطلسيِّ الشماليُّ يَجْلِبان مياهًا دافئةً من خليج المكسيك عَبْرَ الأطلسيِّ في اتِّجاهٍ شماليٍّ شَرقيّ. وهذا يُبْقي أوروبا الغَرْبيَّةَ والجُزُرَ البريطانيَّةَ دافئةً. ومع مُتابَعة المياهِ الدافئة مسارَها، وتبَخُّرِ بعضٍ منها، تُصبحُ المياهُ تَدْريجيًّا أبردَ وأشدَّ مُلوحةً – وبالتالي أكثفَ. ويَستمِرُّ ذلك حتّى تغدو المياهُ أكثفَ من أنْ تَبْقى على السَّطح، فتَغُوصُ وتَتَّجِهُ جَنوبًا لِتُكْمِلَ دَورانَها كسَيْرِ الناقلة. ولو قُدِّرَ لِسَيْرِ الناقلةِ هذا أنْ يتوَقَّف، لَكانَت فُصولُ الشِّتاءِ في أوروبا الغَرْبيَّةِ باردةً كما الجزءُ الشماليُّ الشرقيُّ من كَندا.

اِستِكْشافُ الأعماق

أعماقُ المُحيطاتِ هي أقَلُّ الأنْحاءِ في كوكَبِنا استِقْطابًا لِنَشاط المُستَكْشِفين. فالوُصُولُ إلى تلك الأعماقِ بغَوَّاصةٍ أو حتّى إرسالُ مَرْكبةٍ روبوطيَّةٍ إلى هناك، قد يكونُ أصعبَ وأشدَّ تَعقيدًا من القيامِ بمُهِمَّةٍ فَضائيَّة. فالضغطُ الهاصِرُ في قاعِ المُحيط أعظمُ وأشَدُّ ممَّا تُجابِهُه منهُ أيُّ مركبةٍ فضائيَّة. وقد عُثِرَ في أعماقِ المُحيطات على دِيدانٍ غَريبةٍ وأنواعٍ عمياءَ من القُرَيْدس وحبَّاراتٍ عِملاقةٍ، إضافةً إلى فَجَواتٍ أنبوبيَّةٍ حَرْمائيَّةٍ تَنْقذِفُ منها مياهٌ تبلغُ درجةُ حرارتها 350°س. ويَرْتئي الخُبراءُ أنَّ البَكتِريا الحيَّةَ التي عُثِرَ عليها في الرُّساباتِ المُحيطيَّةِ العميقة تُلمِحُ إلى أنَّ ما يَزيدُ على العُشْرِ من الأشكالِ الحياتيَّةِ على الأرض يَقْبَعُ في الطِّينِ والصَّخْرِ تحت القِيعانِ المُحيطيَّة. ويُحْتَمَلُ أنْ تكونَ هذه الأشكالُ الحياتيَّةُ وثيقةَ الصِّلة بالأنواعِ الأُولى من الكائنات التي استَعْمَرَت كوكبَ الأرض.



البَحْرُ المَيْتُ في فلسطين يتلقَّى المياهَ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ من نَهْرِ الأُردن. وهذا البَحْرُ مَحْصورٌ لا مَخْرجَ له، فلا يَفقِدُ مياهَه إلّا بالتبَخُّرِ – وبذلك يتزايدُ تَرْكيزُ الأمْلاحِ فيه مِمّا يَجْعَلُ مياهَهُ بيئةً غيرَ مُلائمةٍ لِمُختلِفِ ضُروبِ الأحياءِ البَحْريَّة. وبسَببِ كثْرةِ تَرْكيزِ الأملاحِ في مِياهِ هذا البَحْرِ تزايَدتْ كثافَتُها بحيثُ يطفُو الجِسْمُ البَشَريُّ على سَطْحِها بِيُسْرٍ وسُهولة.



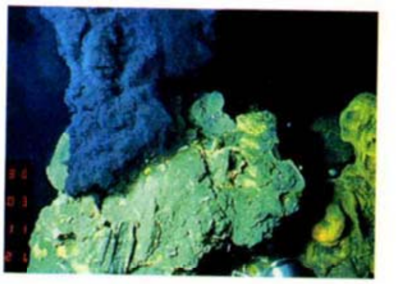
◄ هذه الصورةُ لِلأرض من ساتلٍ فَضائيّ تُبْرِزُ الخِضْبَ النَّباتيَّ الأخضرَ – اليَخضور «الكلوروفيل» في العوالِقِ النَّباتيَّةِ في المُحيطات. ويُلاحَظُ أنَّ تَرْكيزَ هذه العوالقِ (المُبيَّنَ هُنا بالأصْفَرِ والأخضَر) هو الأعلى حيثُ تَخْتلِطُ المياهُ الدافئةُ والمُغَذِّياتُ الوَفيرةُ مُنْتِجةً ذاكَ الإزدهارَ في نماءِ العوالِقِ النَّباتيَّة.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10 – 11
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
الحياةُ في المُحيطات ص 440 – 441

قاعُ المُحيط

تتواجَدُ تحتَ سَطح البَحْر بَراكينُ مُتنوِّعة وحيُودٌ جَبليَّة يبلُغُ طولُها حوالى 000 70 كم، وَوِهادٌ تُقَزِّمُ الـجراند كانْيُون (الوادي السَّحيق الذي احتفَره نهر كولورادو في أريزونا، بالولاياتِ المتّحدة الأمريكيَّة). وهذه المَعالمُ كلُّها ظواهِرُ يُستَدلُّ منها على طبيعةِ الأوضاع في باطنِ الأرض.



صورةٌ مُلتَقطةٌ من غوَّاصة تُبيِّنُ نافِثةً سوداءَ دخانيَّةَ المَظهَر على عُمْقِ 3100 متر تحت مُستوى سَطح المُحيطِ الاطلسيّ. وتتصاعَدُ من فُتحاتها الصخريَّة مياهٌ غَنيَّةٌ بالمعادن درجةُ حرارتها 350°س، لكِنَّها سُرعان ما تَبْرُدُ مُوَفِّرةً مَثْوًى بيئيًّا للبكتِريا البدائيَّة ولأشكالٍ حياتيَّةٍ أُخرى.

مَعالِمُ المُحيطات التي تستوقِفُ الأنظارَ أكثرَ من سواها هي الحُيودُ المُحيطيَّةُ الوسيطة التي تمتدُّ عَبْرَ سطح الأرض كالدَّرْز على سَطح كُرَةِ المَضْرب. وتَنْتَشِرُ على طول هذه الحيُود فُتَحٌ بُركانيَّة تندَلِعُ بِبُطءٍ تحت الماء فتَئِزُّ منها الحُمَمُ البُركانيَّةُ (اللَّابة) كما يَنْبثِقُ مَعْجونُ الأَسْنان من أُنبوبه. وعندما تُلامِسُ اللَّابةُ مياهَ البَحْر الباردةَ، تتصَلَّبُ مُنْتِجَةً كُتَلًا وِساديَّةَ الشَّكل من البازَلْت الأسودِ الكثيف.

بعضُ هذه الفُتَحِ يَبْثُقُ كمّيَّاتٍ ضخمةً من اللَّابة تتراكمُ وترتفِعُ فوقَ سَطحِ البَحْرِ مُكَوِّنَةً جُزُرًا بُركانيَّة. وهذا يَحْدُثُ عندما تَقَعُ الفُتحَةُ فوقَ ذُؤابةٍ صاعدةٍ من الموادِّ الحارَّة في دِثارِ الأرض. ففي هذه النُّطُقِ تتفتَّحُ الشقوقُ في قاعِ المُحيط وتنتشِرُ طفوحاتُها.

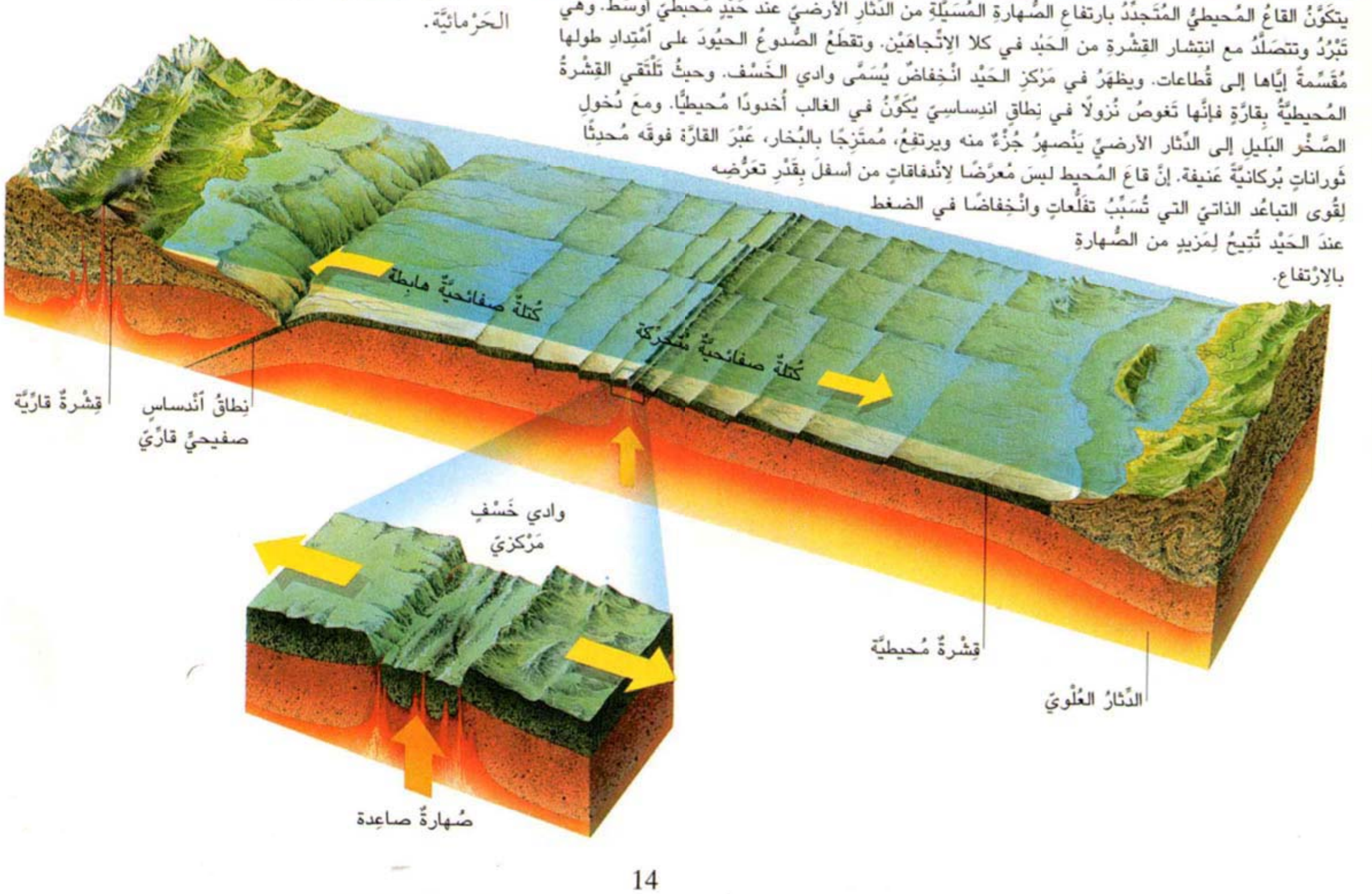
مَنافِثُ حَرْمائيَّة

في المناطقِ التي تَنْتَشرُ فيها الطُّفوحات البُركانيَّةُ على قاعِ المُحيط يَنِزُّ الماءُ عَبْرَ شُقوقٍ في هذا القاع. وعندما يَمُرُّ فوقَ صَخْرٍ حارٍّ، يَسْخُنُ ويُذيبُ الأَملاحَ والمَعدنيَّاتِ الذوَّابةَ ثُمَّ يرتفِعُ عَبْرَ شُقوقِ الصخر ويندَفِقُ من المنافِثِ الحَرْمائيَّةِ على درجاتِ حرارةٍ قد تَبلُغُ 350°س. وبفِعْل الضغطِ الهائلِ على قاعِ البَحْر فإنَّ الماءَ لا يَغلي على درجةِ الحرارة هذه. ومع تَبَرُّد هذا الماءِ تترسَّبُ منه الأملاحُ المُذابةُ فيه كجُسَيْماتٍ دقيقة. وهذا يجعَلُ المياهَ الداكنةَ الغنِيَّةَ بالمعادن أشبَهَ بذُؤابةٍ من الدُّخان – لِذا تُسَمَّى هذه المَنافِثُ الحَرْمائيَّةُ أيضًا المَنافِثَ السَّوداء.

المنافِثُ الحَرْمائيَّةُ تُطلِقُ حرارةً ومُركَّباتٍ معدنيَّةً – بخاصَّةٍ كِبْريتيداتِ الفلِزَّات. هذه التَّوليفةُ البِيئيَّةُ تُوَفِّرُ مَثْوًى مَعاشيًّا لِمُستعمرات البكتِريا والدِّيدانِ الأُنبوبيَّة والقُرَيْدسات العَمْياء والمَحاراتِ العِملاقة. وهذه الكائناتُ هي من بين قِلَّةٍ من المُتعَضِّيات على الأرض التي لا تعتمِدُ على ضوءِ الشَّمْس كمَصدرٍ لِلطاقة. فهي تَسْتَبدلُ بذلك الطاقةَ التي تَسْتَخلِصُها وتَحْيا بها من المعادنِ الكِبْريتيديَّة من المَنافِث الحَرْمائيَّة.

قاعُ المُحيط

يتكَوَّنُ القاعُ المُحيطيُّ المُتَجدِّدُ بارتفاعِ الصُّهارةِ المُسَيَّلةِ من الدِّثار الأرضيّ عند حَيْدٍ مُحيطيّ أوسَط. وهي تَبْرُدُ وتتصَلَّدُ مع انتِشار القِشْرةِ من الحَيْد في كلا الإتِّجاهَيْن. وتقطَعُ الصُّدوعُ الحيُودَ على امْتِدادِ طولها مُقَسِّمةً إيَّاها إلى قُطاعات. ويظهَرُ في مَرْكزِ الحَيْد انْخِفاضٌ يُسَمَّى وادي الخَسْف. وحيثُ تَلْتَقي القِشْرةُ المُحيطيَّةُ بِقارَّةٍ فإنَّها تَغوصُ نُزولًا في نِطاقِ انْدِساسيّ يُكَوِّنُ في الغالب أُخدودًا مُحيطيًّا. ومعَ دُخولِ الصَّخْرِ البَليلِ إلى الدِّثار الأرضيّ يَنْصهِرُ جُزْءٌ منه ويرتفِعُ، مُمتزِجًا بالبُخار، عَبْرَ القارَّة فوقَه مُحدِثًا ثَوراناتٍ بُركانيَّةً عَنيفة. إنَّ قاعَ المُحيط ليسَ مُعرَّضًا لانْدفاقاتٍ من أسفلَ بِقَدْرِ تعَرُّضِه لِقُوى التباعُد الذاتيّ التي تُسَبِّبُ تفَلُّعاتٍ وانْخِفاضًا في الضغط عندَ الحَيْد تُتيحُ لِمَزيدٍ من الصُّهارةِ بالإرْتفاع.



الطَّرْحُ القارِّيّ

في السِّتينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين وجدَ العُلماءُ شواهِدَ على انتِشارِ قاعِ البَحْر عندما اكتشفوا أشرِطةً مغْنَطةً في الصُّخورِ على جانبَي الحيُود. هذه الأشرِطةُ تُسجِّلُ انْعِكاساتِ مَجال الأرض المِغْنطيسيّ التي تَحْدُثُ كُلَّ نِصْفِ مِليون سنةٍ تقريبًا. فمَغْنطةُ صَخْرِ القِشرة مُجمَّدةٌ في الاتِّجاه الذي كان يتَّخِذُه مجالُ الأرض المِغْنَطيسيّ عندما برزَ هذا الصَّخْرُ إلى السَّطح عندَ الحَيْدِ وتَصَلَّب.

إنَّ عُمْرَ أيِّ قِشْرةٍ مُحيطيَّة يكادُ لا يَزيدُ على مِئةِ مِليون سنة، وهو جُزءٌ ضئيلٌ من عُمْرِ الأرض؛ فأينَ تَذْهَبُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ العَتيقة؟ الجيولوجيُّون يُسَمُّون عمليَّةَ استِهلاكِ القِشْرة المُحيطيَّة الطَّرحَ القارِّيّ. فعندما تصطدِمُ صفيحةٌ من القِشْرةِ المُحيطيَّة بإحدى القارَّات، فإنَّ القِشْرةَ تَنزلِقُ مُنْدَسَّةً تحت القارَّة. فتكْشَطُ الرُّساباتُ البَحْريَّةُ القاعيَّةُ من سَطح القِشْرة الهابطة وتَتراكَمُ كحيُودٍ من الطَّمْي. وتبدأُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ بالانْصِهار عندما تدخلُ الدُّثارَ الحارّ؛ فيُكوِّن الماءُ في القِشْرة بُخارًا عاليَ الضغط يُمكِنُه دَفْعُ صُهارةِ الصَّخر الحارَّة صُعُدًا عَبْرَ بَراكينَ إلى السَّطح. وتُشَكِّلُ هذه الظاهِرةُ نِطاقًا قَوْسيًّا من النَّشاطِ البُركانيِّ يُسَمَّى حَلْقةَ النار حولَ المُحيط الهادي.

الانْجِرافُ القارِّيّ

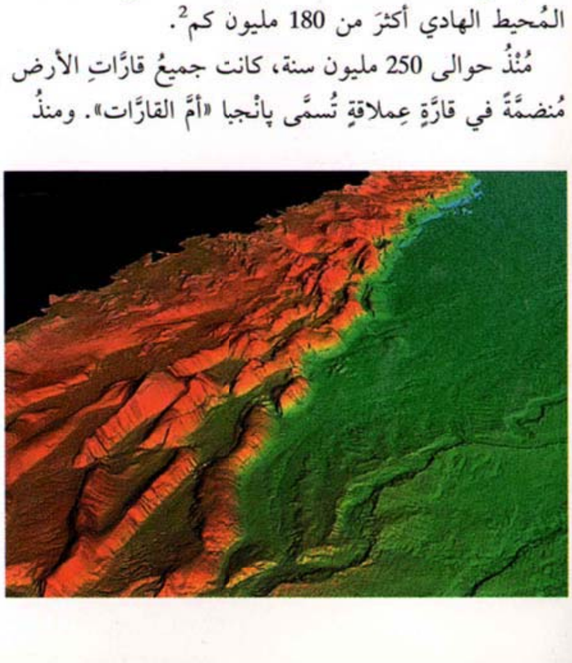
يَزْدادُ تَوسُّعُ المُحيطِ الأطلسيّ بِمُعدَّل 3 إلى 4 سم سَنويًّا. وَيَنْتَشِرُ القاعُ المُحيطيُّ في بعضِ أجزاءِ المُحيط الهادي قُرابةَ 10 سم في السَّنة. وقد يَبْدو ذلك بطيئًا، لكِنَّه يُمكِنُ أنْ يتسَبَّبَ بانتِشارٍ يَبْلُغُ عِدَّةَ آلافٍ من الكيلومترات على مَدى مِئاتِ ملايينِ السِّنين. فالمُحيطُ الأطلسيُّ، مثلًا، لم يكُنْ مَوْجودًا قَبْلَ 80 مليون سنة. لكِنْ بفِعْلِ انتِشار قاعِ البَحْر على مَدى مَلايين السِّنين، فإنَّ مِساحةَ المُحيطِ الأطلسيّ اليومَ تَبْلُغُ حوالى 82 مليون كم^2 في حين تبلغُ مِساحةُ المُحيط الهادي أكثرَ من 180 مليون كم^2.

مُنْذُ حوالى 250 مليون سنة، كانت جميعُ قارَّاتِ الأرض مُنضمَّةً في قارَّةٍ عِملاقةٍ تُسمَّى پانْجِيا «أمَّ القارَّات». ومنذُ حوالى 200 مليون سنة انشَطرت پانْجيا إلى جُنْدوانا جَنوبًا وَلوراسْيا شَمالًا. ثُمَّ تفلَّقَت هاتانِ القارَّتان مُجدَّدًا وتباعَدت شُدَفُها انسِياقًا بانتشار قاعِ البَحْر في الفَجَواتِ بينهما.

وفيما يُمكِنُ لِلْمُحيطاتِ الانتشارُ من حيُودٍ في وسَطِها، فإنَّها يُمكِنُ أيضًا أنْ تَتلاشَى بتَحَرُّكِ الكُتَلِ الأرضيَّة وتقارُبها. وبهذه الطريقة أصبحَتِ الهِنْدُ مُتَّصِلةً بآسيا وإفريقية، واتَّصلَت إيطاليا بأوروبا. كذلك فإنَّ الرُّساباتِ التي كانت سالفًا تُغَطِّي قاعَ المُحيط تراكمَت لِتكوِّنَ هضبةَ التِّبت وجبالَ الجُورا بين سويسرا وفرنسا. وقد غاصَتِ الكُتلةُ الصفيحيَّة البازلتيَّة لِقاعِ المُحيط عائدةً نُزولًا إلى الدِّثارِ الأرضيّ.



هذه الخريطةُ لِقاعِ المُحيطِ الأطلسيّ تُبيِّنُ حيدَ وَسَط الأطلسيّ مُتمَعِّجًا من آيسلَنْدا شَمالًا إلى الجُزْءِ الجنوبيّ الأقصى من الأطلسيّ الجَنوبيّ. المُحيطُ الأطلسيُّ تكوَّنَ منذُ حوالى 80 مليون سنةٍ بعْدَ انْفِلاقِ القارَّةِ العِملاقة جنْدوانا (أُمِّ القارّات في نِصْفِ الكُرَة الجنوبيّ) وانْفصالِ قارَّةِ أمريكا الجنوبيَّة عن قارَّة إفريقية الذي تَبْدو آثارُه بتَواؤمِ شَكْلِ السَّاحِل الشرقيّ لأمريكا الجنوبيَّة مع شكل السَّاحِلِ الغربيّ لإفريقية.



رُسِمَت هذه الصورةُ لِقاعِ المُحيط الهادي باستِخْدام نَبَضاتِ السُّونار (السَّبْر بالصَّدى تحتَ الماء). وهي تُظهِرُ الرَّفَّ القارِّيَّ على مَبْعَدةٍ من ساحلِ أوريغون، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. والتلوينُ الصُّنْعيُّ يُبَيِّنُ عُمْقَ المُحيط: من الأبيض لِمُسْتوى سَطح البَحْر، إلى البُرتقاليّ لِعُمْق 1000 م، إلى الأصفر لِعُمْق 2000 م^2 إلى الأزرق لِعُمْق 3000 م. أمّا الحيُودُ الطويلةُ فهيَ رُساباتُ قاعِ البَحْر التي تراكمَت حيثُ انْزلقَتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحتَ حافَّةِ القارَّةِ الأمريكيَّةِ الشَّمليَّة.

انْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9

المُحيطات ص 12 – 13

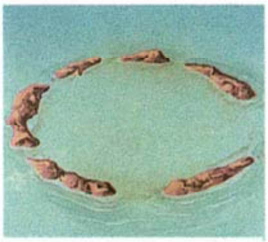
الانْجرافُ القارِّيّ ص 16 – 17



بُرْكانٌ يرتفِعُ عَبْرَ سَطح البَحْر

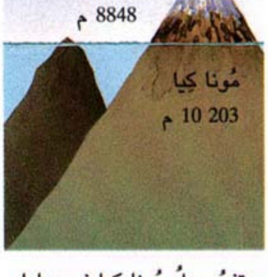


نِطاقٌ مَرجانيّ يَتنامَى معَ أنسحات البُركان



بقاءُ النِّطاقِ الحَلقيّ المَرْجانيّ بعدَ زَوالِ البُركان

▲ تتشكَّلُ سِلْسِلةٌ من الجُزُرِ البُركانيَّة حيثُ تَغوصُ صفيحةٌ من القاع المُحيطيّ لِتَنْدسَّ تحتَ أُخرى. ففي المياه المَداريَّة، تتكوَّنُ شِعَابٌ مَرْجانيَّةٌ حولَ الجُزُر. ومع مُرورِ الزَّمَن، يَنسَحِبُ الصَّخْرُ البُركانيُّ الليِّنُ مُخَلِّفًا رِيفًا مَرْجانيًّا حَلْقيًّا يُسَمَّى أتولًا.



يرتفِعُ جبلُ مُونا كِيا في هاواي 10 203 م من قاعِ المُحيطِ الهادي. وبالمُقارنة فإنَّ جَبلَ افَرِسْت أخفَضُ منه بحوالى 1350 م.

الإِنْجرافُ القارِّيّ

كُتَلُ اليابِسة تتحَرَّكُ حولَ سَطحِ الأرض. وهي على مَدى ملايينِ السِّنين، انفصلَت وتفرَّقت وتضامَّت معًا لِتُشَكِّلَ القارّاتِ الحاليَّةَ.



أُخِذَ هذا المَنْظَرُ لِجبال الأنْديز من على مَكُّوكٍ فضائيٍّ تابعٍ لِوَكالةِ الفَضاءِ والطيران الأمريكيَّة (ناسا). تمتَدُّ سِلْسِلةُ الجبال هذه مسافة 8900 كيلومتر على طُولِ السَّاحلِ الغربيِّ لأمريكا الجَنوبيَّة. وهي قد تكوَّنت باحديدابِ حافَّةِ الصَّفيحةِ القارِّيَّة تحت ضغطِ الصَّفيحةِ الپاسيفيكيَّة الواقعةِ غَرْبَها.

يتألَّفُ سَطحُ الأرض اليابِسُ من صفائحِ القِشْرة المُحيطيَّة والقِشرة القارِّيَّة. وتَطفو كِلا القِشرتَيْن فوقَ طبقة الصَّخْرِ الأكثفِ للدِّثار الأرضيّ. ورُغْمَ أنَّ الصَّخرَ الدِّثاريَّ جامدٌ، فإنَّ الضغطَ الهائلَ ودَرجةَ الحرارةِ في طبقة الدِّثار تَجعلانِه يَنْسابُ كَمَعجونٍ غليظِ القَوام.

إنَّ انْتِقالَ الحرارة من اللُّبِّ الأرضيّ يجعَلُ صَخْرَ الدِّثار يرتفِعُ من اللُّبِّ نحوَ السَّطح ثُمَّ يَغوصُ عائدًا إلى اللُّبِّ، تمامًا كما يُدَوِّمُ الماءُ حولَ قِدْرٍ فوق مَوْقِدٍ حارٍّ في عمليَّة الحَمْلِ الحراريّ. ونتيجةً لِتحَرُّكِ سَطحِ الصَّخْرِ الدِّثاريِّ تَنْجَرِفُ القارَّاتُ بِبُطءٍ حولَ قِشْرةِ الأرض.



▲ قبْلَ 200 مِليون سنة، لم يكُنْ هناك سِوى پانْجيا «أُمّ القارّات» – القارَّة العِملاقة (1). وقبْلَ 100 مليون سنة، كانت أمريكا الشَّماليَّةُ تَنْفَصِلُ بعيدًا عن أوروبا (2). ثُمَّ مُنْذُ حوالى 80 مليون سنة، كانت إفريقية على وَشك التَّصادُم مع أوروبا، وكانت الهِنْدُ تَتَّصِلُ بآسيا (3). وبَعد حوالى 50 مليون سنة من الآن، يُحتمَلُ أنْ تكونَ إفريقية قد اتَّصلت بأوروبا، وأنَّ أمريكا الشماليَّة ستكونُ قد انفصلَت عن أمريكا الجنوبيَّة واتَّصلت بآسيا (4).

القِشْرةُ القارِّيَّة

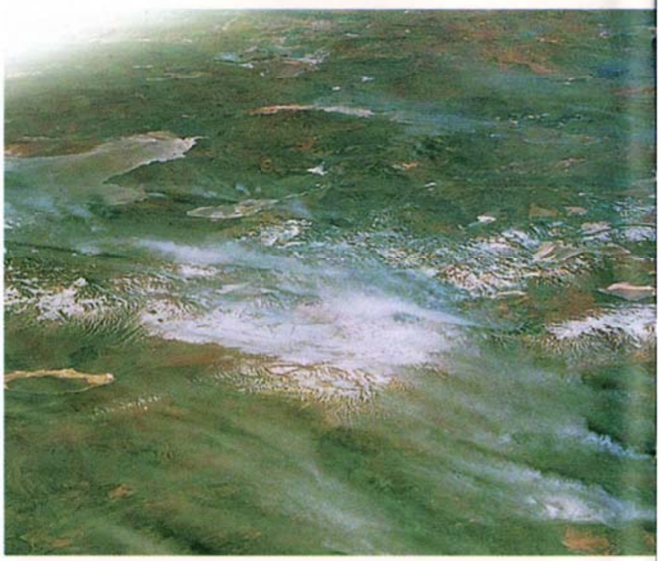
القِشْرةُ المُحيطيَّةُ طبقةٌ من البازَلْت الكَثيف لا يَزيدُ سُمْكُها على سِتَّةٍ أو سَبْعةِ كيلومترات، ورُبَّما مع رُساباتٍ فوقَها. والقِشْرةُ القارِّيَّةُ أسمَكُ بكثير – إذ يَبلغُ سُمْكُها في المُعدَّل 30 كيلومترًا، ويزدادُ إلى 60 كيلومترًا في سَلاسِلِ الجِبال. لكِنَّها أقلُّ – كونَها في مُعْظَمِها غرانيتيَّةً غنيَّةً بالسِّليكا والرُّسابات – كثافةً من القِشْرةِ المُحيطيَّة فتطفُو كالجُفاء على سَطحِ الأرض. وكجَبَلِ الجليدِ الطافي في الماء، فإنَّه كُلَّما ازدادَ ارْتفاعُ الجبال يزدادُ عُمْقُ جُذورِ القارَّة في طبقةِ الدِّثار.

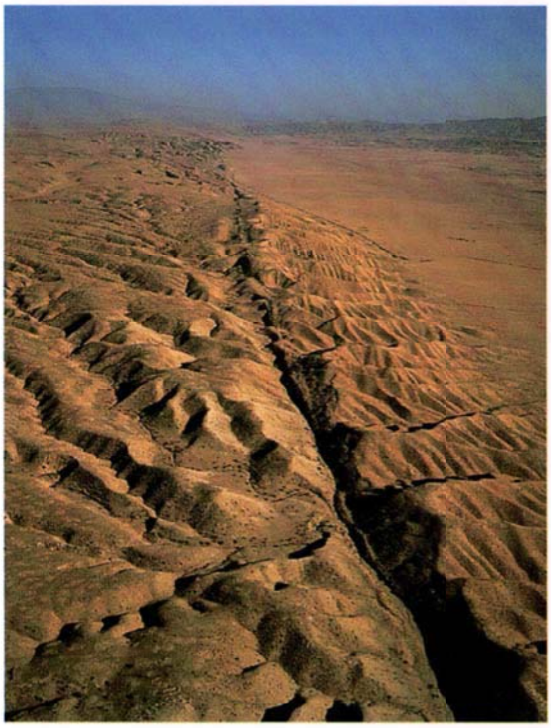
القِشْرةُ المُحيطيَّةُ مُستَمِرَّةُ التكَوُّنِ والتَّدْمير؛ وهكذا فإنَّ رُساباتِها جديدةٌ نِسبيًّا. لكِنَّ المادَّةَ القارِّيَّةَ لا تَزالُ تَتراكَمُ منذُ تَصَلُّبِ سَطحِ الأرض. ويَبْلُغُ عُمْرُ المادَّةِ في مَرْكزِ بعضِ القارَّات، كأُستراليا وأمريكا الشماليَّة، حوالى أربعةِ بَلايين سَنة. وتَزْدادُ القارَّةُ سُمْكًا نتيجةً لِتراكُمِ الرُّساباتِ حوْلَ حَوافِّها، وقَذْفِ البراكينِ صُخورًا جديدةً فوقَ سَطحِها، وحَقْنِ الصُّخورِ المَصْهورةِ في قاعدتها.

وحيثُ تَنْدفِعُ القاعدةُ سَفْلًا إلى الحَدِّ الأقصى في طبقةِ الدِّثار، فإن سُخونَتَها تَتزايدُ؛ وقد تبدأُ بالانصهار، الذي من نتائجِهِ تَكَوُّنُ الجِرانيت. وقد تتصاعدُ كُتَلٌ جِرانيتيَّةٌ ضَخْمةٌ عَبْرَ القارَّةِ كفقاقيعَ عِملاقةٍ في سائلٍ بفَضْلِ تَزْليقِها بِرُطوبةِ الصُّخور التي كَوَّنَتْها. وأثناءَ تَصَلُّبِ الجِرانيت يَشوي الصُّخورَ حولَه مُكوِّنًا منها كُتَلًا ضَخمةً من الصُّخورِ البِلَّوريَّة. وحيثُ تتعرَّضُ هذه الصُّخورُ لِلْحَتِّ السَّطحيّ، فإنَّها تكَوِّنُ بَراحاتٍ جِرانيتيَّةً قَفْراءَ كبِطاح دارتْمور الخلَنْجيَّة في إنكلترا.

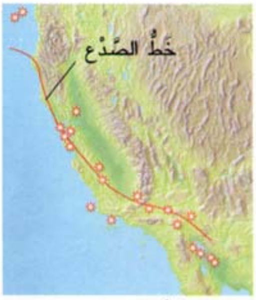


الصَّفائحُ التكتُونيَّةُ (البِنْيويَّة) لِلقِشْرة الأرضيَّة مُبَيَّنَةٌ هنا بألوانٍ مُختلفةٍ. الأسهُم الحمراءُ على الخريطة تُبَيِّن اتِّجاهَ تَحرُّكِ كُلِّ صَفيحة. بعضُ هذه الصفائح تَنْجرِفُ مُتَباعدةً وبعضُها تتحَرَّك معًا وبعضها تتَحاكُّ واحدتها عَبْرَ الأُخرى. والمَعروف أنَّ مُعظَمَ البراكينِ والزَّلازل تَحْدثُ في حَوافِّ هذه الصفائحِ التكتُونيَّة.





► تُطِلُّ هذه الصُّورة في اتّجاهٍ جنوبيٍّ شرقيٍّ على امْتِدادِ صَدْعِ سانْ أنْدرياس في كاليفورنيا، بالولايات المتّحدة الأمريكيّة. ويُقَرِّرُ الجيولوجيُّون أنَّ الصفيحةَ الباسيفيكيّةَ (إلى اليَمين) تتحَرَّكُ في اتّجاهٍ شماليٍّ غربيٍّ بالنِّسبة إلى الصَّفيحةِ الأمريكيّة الشّماليّة.



▲ تُبَيِّنُ النُّجَيْماتُ على هذه الخريطة المَراكِزَ السَّطحيّةَ لِزَلازِلَ أرضيّةٍ سالِفةٍ على امْتِدادِ صَدْعِ سانْ أنْدرياس. والواقِعُ أنّه من العَسير التنَبُّؤُ بمَكانِ وزَمانِ حُدوثِ الزَّلْزَلة الأرضيّةِ التالية.



هذه الصورةُ تُبَيِّنُ رُكْمَةً من كُتَلِ الجرانيت على نَشَزٍ (بقايا تَلٍّ مَخْروطيٍّ) في دارتْمُور، بإنكلترا. لقد تصَلَّبَ الجرانيتُ من صُهارةِ الصَّخْرِ التي انبَثَقَت فقاقيعَ من طبقةِ الدِّثار. ومع مُرورِ الزَّمَن، انمَحَتِ التَّلَّةُ وتآكَلَت بتَجْوِيةِ الرِّياحِ والأمطارِ مُخَلِّفةً الجرانيتَ الصَّلْدَ مَكْشوفًا.

تِكْتُونيَّاتُ (بِنْيَويَّات) الصَّفائح

الكُتَلُ اللوحيَّةُ لِلقِشْرتَيْن القارِّيَّةِ والمُحيطيَّة التي تَنْجرِفُ مُنساقةً حولَ سَطحِ الأرض تُسَمَّى الصَّفائحَ. ونَظَريَّةُ التكتُونيَّاتِ (البِنيَويَّات الصفائحيَّة) تَسْتَعرِضُ كيفيَّةَ انْشِطارِ هذه الصفائحِ وتَحرُّكاتِها وتصادُمِها لِتُكَوِّنَ سَطْحَ الأرضِ كما هو عليه اليومَ.

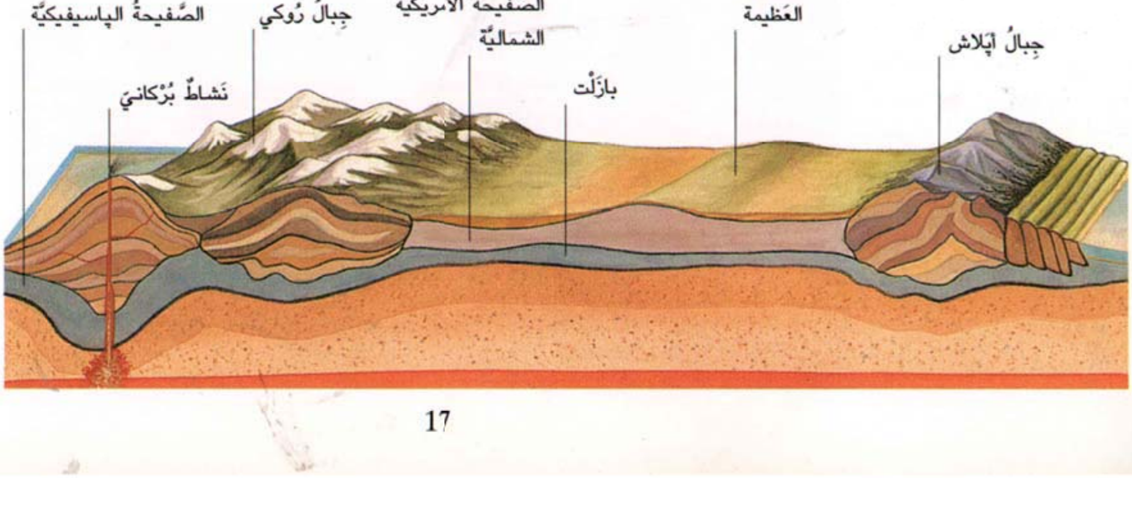
الصفائحُ التكتُونيَّةُ لا تتَحرَّكُ بِجُسُوءَةٍ عَبْرَ سَطحِ الأرض. فالقارّاتُ قد تَتَمَدَّدُ أثناءَ تحَرُّكِها؛ وبذلك التمدُّدِ، تَغْدو القِشْرةُ أرَقَّ ويهبِطُ مُسْتوى السَّطح. فقد تَشكَّلَ وادي الخَسْفِ العَظيم، الذي يَمتَدُّ من سُوريا إلى مُوزَمْبيق، حِينَ تَمَدَّدتِ القارَّةُ الإفريقيَّةُ عِند نُقْطةٍ ضَعيفة؛ كما تَشكَّلَ بَحْرُ الشَّمال عندما تَمَدَّدَتِ القارَّةُ الأوروبيَّةُ. وإذا تَمَدَّدَتِ الصَّفيحةُ القارِّيَّةُ بمِقدارٍ كبير، فإنَّها قد تَتَشَقَّقُ وتَتَشَكَّلُ مِنْ ثَمَّ قِشْرةٌ مُحيطيَّةٌ جديدةٌ بين الشُّقَف.

عندما تتصادَمُ الصفائحُ القارِّيَّةُ تَتحَدَّبُ عِند الحَوافِّ وتُكَوِّنُ سَلاسِلَ جَبليَّة. فجِبالُ الألْب تَشكَّلَت عندما تصادَمَت إفريقية مع أوروبا. أمّا جبالُ الهِمالايا فقد تَشكَّلَت عندما ارتطَمَتِ الهِنْدُ بالقارَّةِ الآسيويَّة بشِدَّة، وهي لا تزالُ ترتفِعُ بِفِعْلِ دَفْعِ الصَّفيحتَيْن القارِّيَّتَيْن مَعًا.

خُطوطُ الصَّدْع

الحَدُّ الفاصِلُ بين صفيحَتَيْن تِكْتُونيَّتَيْن يُسَمَّى صَدْعًا. فعندما تَتَحرَّكُ صَفيحتانِ مُتَجاوِرَتان باتِّجاهَيْن مُخْتلِفَيْن، فإنَّهما تتحاكّان واحدتُهما بالأُخرى. ومِثْلُ هذا يَحْدُثُ في صَدْعِ سانْ أنْدرياس على مَقْرُبةٍ من ساحلِ كاليفورنيا. وإذا ما استَمَرَّ التَّحاكُّ عندَ الصَّدْعِ على مَدَى شُهورٍ أو سِنين، فإنَّ إجهادًا هائلًا قد يَتَنامَى في الصُّخور المُحيطيَّة حتّى يَنْطاعَ الصَّدْعُ مُنْهَفِتًا لِتحرير الإجهاد - فتكونُ النتيجةُ زِلْزالًا.

ورُغْمَ أنَّ القارّاتِ لا تَنجرِفُ إلّا بِضْعَ سَنْتيمتراتٍ في السَّنة، فإنَّه يُمكِنُ اقْتِفاؤها بِدِقّة بواسِطةِ اللِّيازر أو بِرَقابةِ السواتل التي تَقيسُ التحَرُّكَ عندَ خُطوطِ الصَّدْع. كذلك يستطيعُ الجيولوجيُّون اقْتِفاءَ تاريخِ الإنْجِرافِ القارِّيِّ بتَقَصِّي مِغْنَطيسيَّةِ الصُّخورِ البُركانيَّةِ التي تُسَجِّلُ المَجالَ المِغْنَطيسيَّ في مكانٍ وزَمانِ تَصَلُّبِ تلك الصُّخور.



► الصَّفيحةُ القارِّيَّةُ الأمريكيَّةُ الشَّماليَّة. لقد حَدَّبَ ضغطُ الصفائحِ المُجاورةِ حوافَّ القارَّةِ مُشَكِّلًا سَلاسِلَ جَبليَّةً شاسِعةً كالروكي غَربًا والأپَلاش شَرقًا. وهنالك براكينُ في الغَرْب، حيثُ تَغُوصُ الصَّفيحةُ الباسيفيكيَّةُ تحتَ الصَّفيحةِ القارِّيَّة.

انْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
الزَّلازِل ص 20 – 21
تشَكُّلُ الجِبال ص 22 – 23

البَراكين

البُركانُ فُتْحةٌ في قِشْرةِ الأرض تنفَجّرُ وتثُورُ عَبْرَها حُمَمُ اللّابةِ المَصْهورةِ والشَّظايا الصَّخْريَّةُ والرَّمادُ والغازات. وفي حالاتٍ كثيرةٍ، تُشَكِّلُ الحُمَمُ اللّابيَّةُ وشظايا الصَّخرِ والرَّمادُ جَبلًا حوْلَ الفُتْحة.

سالِفًا كان يَسودُ الاعتِقادُ أنَّ البَراكينَ تُسَرِّبُ صَهيرَ الصَّخر والغازاتِ من لُبِّ الأرض مُباشَرةً. والواقِعُ هو غيرُ ذلك. فمعَ تَصاعُدِ الصَّخْرِ الجامدِ الحارِّ في طبقةِ الدِّثار، يَنْخَفِضُ الضغطُ عليه ويأخذُ جُزْءٌ ضَئِيلٌ مِنه بالانْصِهار. صُهارةُ الصَّخرِ هذه أقلُّ كثافةً من الصَّخْرِ الجامد - فتَنْدحِسُ عَبْرَ فَجَواتِه كالماءِ من الإسْفَنج. وتُحدِثُ الصُّهارةُ الصاعدةُ قَنَواتٍ واسِعةً في القِشْرةِ خِلالَ انْدِفاعِها نحوَ السَّطح. وعندَ انْبثاقِها إلى السَّطْحِ يهبِطُ الضَّغْطُ الواقِعُ عليها فتَدْفَعُها الغازاتُ المُذابةُ فيها دافِقةً إيّاها عَبْرَ الفُتْحةِ كحُمَمٍ لابيَّةٍ ثائرة.

أنماطُ البَراكين

يعتَمِدُ سُلوكُ البُركانِ على نَمَطِ الصُّهارةِ التي تُوَقِّدُه. فالبراكينُ، كتِلْكَ الواقِعةِ على مَقْرُبةٍ من هاواي وأيْسلَنْدا، هي براكينُ جاثِمةٌ فوقَ قِمَّةِ ذُؤابةٍ صاعِدةٍ من صُخورِ الدِّثار الحارَّة تُسَمَّى نُقطةً حارَّة. واللّابةُ، التي تَتَفَجَّرُ من هذه البراكينِ مَصْدرُها أعماقٌ سَحيقةٌ قد تَبْلُغُ أحيانًا أكثرَ من 150 كم داخِلَ طَبَقةِ الدِّثار. ويَختلِفُ تركيبُ هذه اللّابةِ عن تركيبِ الدِّثار حيْثُ إنَّ جُزْءًا ضئيلًا فقط من صَخْرِ الدِّثارِ يَنْصَهِر. هذه اللّابةُ سَيّالةٌ وهيَ مَصْهورةٌ وتتَصلَّبُ كبازَلْتٍ كثيفٍ أسود. وبسَببِ سُيوبَتِها السيّالة فإنَّ بمَقْدورها الانْصِبابَ عَبْرَ الشُّقوقِ بسُرعاتٍ فائقة، والانسِيابَ عَبْرَ البِطاحِ بسُرعاتٍ تَصِلُ إلى 50 كم في السّاعة. وحيثُ يتفَجَّرُ هذا النمطُ مِن البَراكين تحتَ الماء، تَبْرُدُ اللّابةُ بسُرعةٍ فتَبْني بتَصَلُّبِها جُزُرًا بُركانيَّةً. وحيثُ تَنْطَلِقُ فقاقيعُ الغاز عَبْرَها، فإنَّ اللّابةَ السيّالةَ تندلِعُ في نوافيرَ رائعةِ المَنْظَر. ولِكَونِ هذا النَّوعِ من اللّابة يَنْسابُ بحُريَّةٍ، فإنَّ الثَّوَراناتِ تكُونُ سَلِسةً أكثَرَ منها تَفَجُّريَّةً.

وهنالك نَمَطٌ مُختلِفٌ من البَراكين يتَواجدُ حيثُ تغوصُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحتَ حافَّةٍ قارِّيَّة - إذْ تَنْصَهِرُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ جُزْئيًا مُكوِّنةً لابَةً دَبِقةً غنيَّةً بالسِّليكا وتَحْوي بعضَ الماء. وخِلالَ ثَوَرانٍ بُركانيٍّ، فإنَّ الهُبوطَ المُفاجئَ في الضَّغْطِ يتَسبَّبُ بتحَوُّلِ ماءِ اللّابةِ إلى بُخار مُنْتِجًا تَفَجُّرًا من الرَّمادِ والغازاتِ الحارَّة، ويَنْسابُ ذاك المَزيجُ اللاهِبُ نُزُولًا على جوانبِ البُركان بسُرعةِ 200 كم في السّاعة كهَيارٍ مُتأَجِّجٍ يُسَمّيه الفرنسيُّونَ ما ترجمته سَحابةً بُركانيَّةً مُتوهِّجة.



تُظْهِرُ هذه الصُّورةُ جبلَ إتْنا في صقلِّية ثائرًا في دُجَى الليل. الانْبِثاقاتُ الغازيَّةُ تَرُدُّ كُتَلًا من الصُّهارةِ عَبْرَ قصَبة البركان إلى فوهةٍ رئيسيَّةٍ، مُحْدِثةً نافورةً ناريَّةً رائعةَ المَنْظَر.



البَراكينُ الصَّدْعيَّةُ تندلِعُ عَبْرَ شُقوقٍ ضَيِّقة.



البراكينُ الدِّرْعيَّةُ تَنِزُّ طُفوحاتٍ لابيَّةً سَيّالةً تَنْسابُ من عِدَّةِ فُتحات وتنتشِرُ فوقَ مساحاتٍ شاسِعة.



البراكينُ القُبَّيَّةُ تتشكَّلُ من اللّابة الدَّبِقة.



البراكينُ المَخْروطيَّةُ تتَشكَّلُ من الرَّمادِ البُركانيّ.



البراكينُ المُرَكَّبةُ قد تكونُ ذاتَ فُتَحٍ جانبيَّةٍ مُتعَدِّدة.



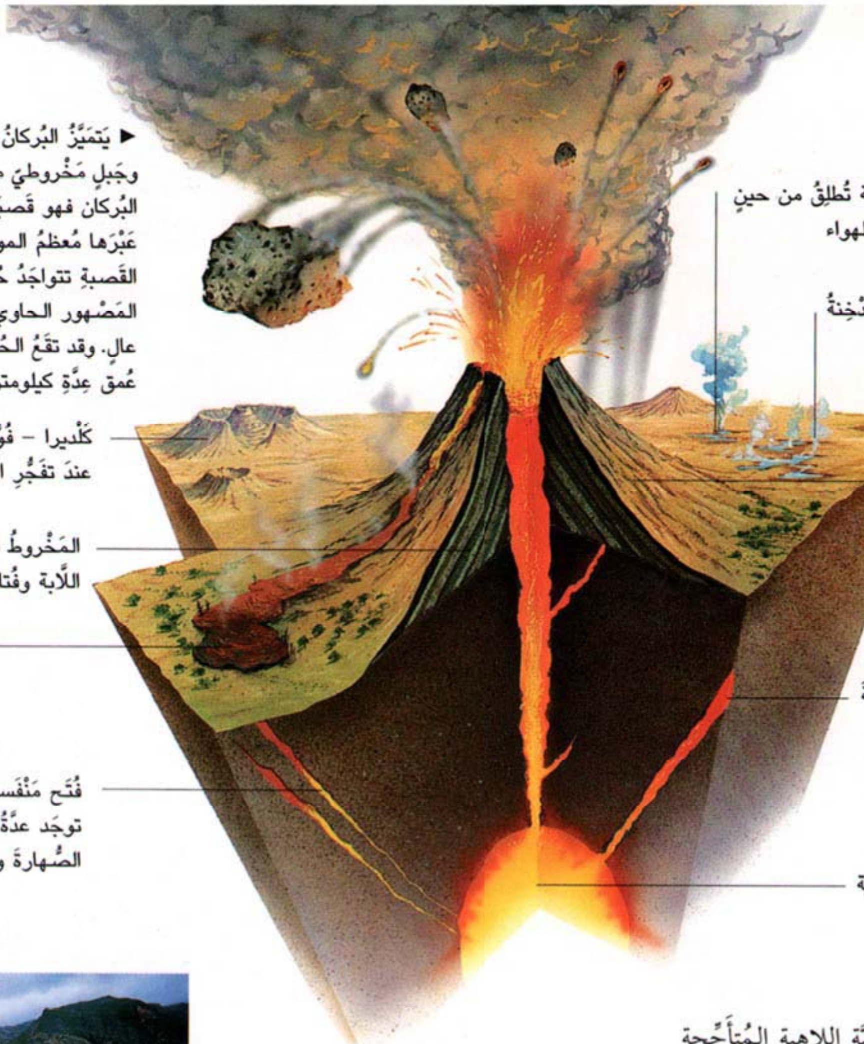
الفُوّهاتُ البُركانيَّةُ الضَّخْمةُ (الكَلْديرات) تتَشكَّلُ بالثَّوَراناتِ المُتفَجِّرة.

▲ يعتَمِدُ شَكْلُ البُركانِ على نَمَطِ اللّابةِ التي يَقْذِفُها وكيفيَّةِ ثَوَرانها. فالبَراكينُ المَخروطيَّةُ تتَشكَّلُ من طَبَقاتٍ من الرَّمادِ والحُمَمِ البُركانيَّةِ المُرتَدَّةِ من فُوهةٍ أو وَهْدةٍ مَرْكزيَّة. الكَلْديراتُ (الفُوّهاتُ الضَّخمةُ) تتَشكَّلُ عندما يَنتفِخُ البُركانُ أوَّلًا ثُمَّ يَثورُ بانفِجارٍ عَنيف.



◄ تُمَثِّلُ هذه الخَريطةُ مواقِعَ البَراكين الناشِطةِ كمُثلَّثاتٍ حمراءَ. ويُلاحَظُ أنَّ مُعظَمَ البراكينِ يَقَعُ على مَقْرُبةٍ من حُدودِ الصَّفائحِ القارِّيَّة (بالأصفر). وبَعْضُها يَقَعُ فوقَ نِقاطٍ حارَّةٍ في دِثارِ الأرض.

▶ يَتمَيَّزُ البُركانُ النَّموذجيُّ بفُوَّهةٍ مَرْكزيَّةٍ وجَبلٍ مَخْروطيٍّ من الرَّماد المُتَصلِّب. أمَّا قَلْبُ البُركان فهو قَصبَةٌ مِدْخَنيَّةُ الشَّكلِ تَنْدلِعُ عَبْرَها مُعظمُ الموادِّ البُركانيَّة. وعميقًا تحتَ القَصبةِ تتواجَدُ حُجْرةٌ صُهاريَّةٌ من الصَّخْر المَصْهور الحاوي غازاتٍ مُذابةً تحتَ ضَغطٍ عالٍ. وقد تقَعُ الحُجْرةُ الصُّهاريَّةُ للبُركان على عُمق عِدَّةِ كيلومتراتٍ تحتَ السَّطْح.



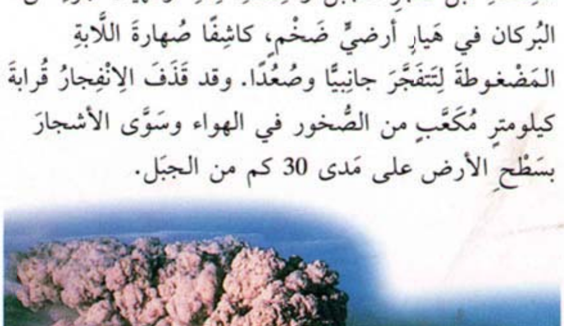
التعايُشُ معَ البَراكين

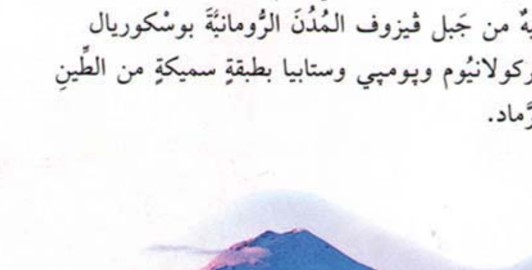
تُعتَبرُ الثَّوَراناتُ البُركانيَّةُ، بِحُمَمِها اللَّابيَّةِ اللاهِبةِ المُتأَجِّجة والرَّمادِ الخانق والغازاتِ السَّامَّةِ التي تُرافِقُها، من أشدِّ الظواهِر الطبيعيَّة المُدَمِّرة. ورُغْمَ هذه الأخطارِ فإنَّ الناسَ يَسْتمِرُّون بالإقامةِ في المناطق البُركانيَّة. ويَعودُ ذلك إلى أنَّ التُّربةَ البُركانيَّةَ وافرةُ الخُصوبة غالِبًا، والثَّوَراناتِ قد تكونُ نادرةً ومُتَباعِدةً جِدًّا مِمَّا يُشيعُ شُعورًا خاطئًا بالأمانِ يَحْمِلُ في طَيَّاتِه نتائجَ مأساويَّة. ففي العام 1902، عندما ثارَ جبَلُ بيلِيه على جزيرةِ مارْتينيك الكَريبيَّة، اندَفقَ هَيارٌ بُركانيٌّ متأجِّجٌ على سُفوحِ الجَبلِ غَمَرَ مَرْفأَ سانْ بيير، وأَودى بحياةِ أكثرَ من 29 000 شَخص. وكان الناجيَ الوحيدَ سَجينٌ في زَنْزانةٍ تحتَ الأرض. وفي عام 79 للميلاد، غَشَّى ثَورانٌ شَبيهٌ من جَبل ڤيزوف المُدُنَ الرُّومانيَّةَ بومْبِي وهِركولانيُوم ووسْتابيا بطبقةٍ سميكةٍ من الطِّينِ والرَّماد.

حتَّى الآن لا يُمكِنُ التنبُّؤُ بمُعظمِ الثَّورانات البُركانيَّة، لكنْ يُمكِنُ التنبُّؤُ ببَعْضِ الثَّورانات بمُراقبةِ الغازاتِ البُركانيَّةِ وقياسِ التغَيُّراتِ في الجاذبيَّةِ مع تَصاعُدِ الصُّهارةِ اللَّابيَّةِ داخِلَ البُركان. وأحيانًا يَتنفَّخُ الجبَلُ بكامله؛ فعندما بدأَ جبَلُ القِدِّيسةِ هيلانة، بولاية واشِنطن، في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة، بالتَّمدُّد عامَ 1980، أُجْليَ مُعظمُ السُّكانِ عن المِنطقةِ قبْلَ تفَجُّرِ الجبَل وانتِساف قِمَّتِه وانهيال جُزْءٍ من البُركان في هَيارٍ أرضيٍّ ضَخْمٍ، كاشِفًا صُهارةَ اللَّابةِ المَضْغوطةَ لِتتفَجَّرَ جانبيًّا وصُعُدًا. وقد قَذَفَ الانْفِجارُ قُرابةَ كيلومترٍ مُكَعَّبٍ من الصُّخور في الهواء وسَوَّى الأشجارَ بسَطْحِ الأرض على مَدى 30 كم من الجبَل.



في 18 أيَّار (مايو) عامَ 1980، ثارَ جبَلُ القِدِّيسةِ هيلانة في ولاية واشنطن بقُوَّةٍ هائلة. وقد دَمَّر التفَجُّرُ العاصِفُ بالغُبار والغازاتِ الحارَّةِ المعالِمَ الطبيعيَّةَ للمِنطقة مُتْلِفًا كافَّةَ أشكالِ الحياة ومُقَصِّفًا أشجارَ الصَّنَوبر الكبيرةَ كعيدانِ الثِّقاب.





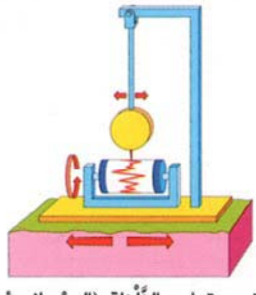
تُبَيِّنُ هاتانِ الصورتان جبَلَ القِدِّيسةِ هيلانة قبْلَ أسابيعَ من ثَورانِ عام 1980 (إلى أقصى اليَمين) وخِلالَ الثَّوران (إلى اليَمين). وقد قذَفَ التفَجُّرُ في الهواء بِحَوالى كيلومترٍ مُكَعَّبٍ من سَحيقِ الصُّخور وغُبارِها.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
تشكُّلُ الجِبال ص 22 – 23

الزَّلازِل

تَحدُثُ الزَّلازِلُ (الهَزَّاتُ الأرضيَّة) نَتيجَةً لِتَحريرٍ مُفاجِئ للإجهاد بإطلاق كمّيَّاتٍ هائلةٍ من الطاقة في صُخورٍ غَوريَّةٍ تحتَ سَطْحِ الأرض. وهذا يَحدُثُ غالبًا عندَ الحُدودِ الفاصِلةِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّة.



في مِقياسِ الزَّلْزلة (المِرْجاف أو السِّيزْمُومِتر) البَسيط، تَدورُ لِفافةٌ من الورق بِبُطءٍ تحتَ بَنْدول (رَقّاص). فإذا اهتَزَّتِ الأرضُ يُسَجِّلُ قلَمٌ مُتَّصِلٌ بالبَنْدول شِدَّةَ الحَرَكة.

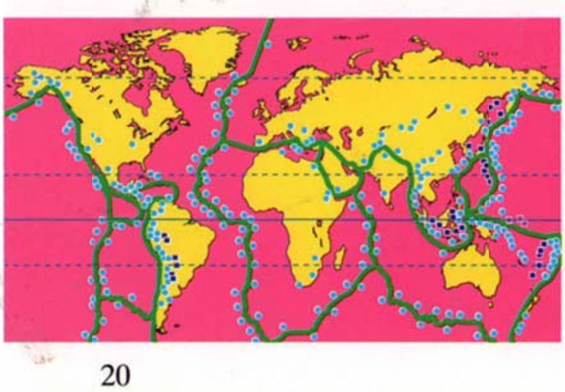
صَدْعُ سانْ أندرياس في كاليفورنيا نِطاقٌ زَلْزَليٌّ نَمُوذَجِيٌّ، إذْ يَقَعُ عندَ ٱلتِقاءِ القِشْرةِ الباسيفيكيَّةِ مع الصَّفيحةِ القاريَّةِ الأمريكيَّة الشماليَّة. القِشْرةُ الباسيفيكيَّة تتحَرَّكُ شمالًا بِمُعدَّل 34 ملم في السَّنة. لكِنَّ الحركةَ عِنْدَ صَدْعِ سان أندرياس تُعْوِزُها السَّلاسةُ، فقد تَصلُبُ القِشْرةُ فلا تتحَرَّكُ على مَدى شُهورٍ أو سَنَوات. وعِنْدَ حُدوثِ ذلك، تتنامى الإجهاداتُ على طُولِ الصَّدْع. وكُلَّما طالَ التَّعَوُّقُ يَتَعاظَمُ الإجهاد. وعندما يَنطاعُ الصَّدْعُ بشِدَّةِ الإجهاد، تَنْزاحُ الأرضُ على جانِبَيْه بما قد يَبْلُغ 12 مِترًا في وقتٍ قَصير، وهذا يُحْدِثُ مَوْجاتٍ صَدْميَّةً عَبْرَ الأرضِ المُحيطة.

المَوْجاتُ الصدميَّةُ لِلزَّلْزلة قد تَهُزُّ المبانيَ حتَّى الإنهيار.

زَلازِلُ كُبْرى			
المَوقِع	**السَّنة**	**الدَّرجة**	**عَدَدُ الضَّحايا**
تايوان	1999	7,7	2400
تركيا	1999	7,8	17 118
أفغانِسْتان	1998	6,1	4000
شمال إيران	1997	7,1	1560
روسيا	1995	7,5	2000
اليابان (كوبي)	1995	7,2	6310
جنوب الهند	1993	6,4	9748
الفيليبين	1990	7,7	1653
شمال غرب إيران	1990	7,5	36 000
سان فرنسيسْكو	1989	7,1	275
ارمينيا	1988	7,0	25 000
مدينة مَكسيكو	1985	8,1	7200
شمال اليَمَن	1982	6,0	2800
جنوب إيطاليا	1980	7,2	4500
شمال شرق إيران	1978	7,7	25 000
تانْجشان، الصِّين	1976	8,2	242 000
مدينة غواتِمالا	1976	7,5	22 778
البِيرو	1970	7,7	66 000
شمال شرق إيران	1968	7,4	11 600
نانْشان، الصِّين	1927	8,3	200 000
اليابان	1923	8,3	143 000
جانْسو، الصِّين	1920	8,6	180 000

وقد تُدَمِّرُ التحرُّكاتُ الأرضيَّةُ الطُّرُقَ وخُطوطَ السِّكك الحديديَّةِ والأنابيبَ تحتَ الأرض. ويُضيفُ الغازُ والمياهُ المُنْسَرِبةُ من هذه الأنابيب خطرَ الحرائق والفَيَضاناتِ إلى مَخاطِرِ الزِّلْزال الجانبيَّة.

وعندَ حُدوثِ الزَّلْزلةِ في البَحْر، فإنَّ تحوُّلَ مُسْتوى المياهِ السَّريعَ يتسبَّبُ بنُشوءِ أمواجٍ مَدِّيَّةٍ سَناميَّةٍ تَنْساقُ بسُرعةٍ مَسافاتٍ شاسِعةً. وعندما تَبْلُغ مياهَ الشاطئِ الضَّحْلةَ تُبَطَّأُ هذه الأمواجُ قليلًا فتَرتفِعُ إلى عُلُوِّ عشرةِ أمتارٍ أو أكثرَ فوقَ المُسْتَوى العاديِّ لِسَطحِ البَحْر وتطغى فوقَ المناطقِ السَّاحليَّة. المَوْجةُ السَّناميَّةُ (التسُونامي) قد تُدَمِّرُ المبانيَ وتقتلِعُ الأشجارَ في مَسارِها وتَتسبَّبُ بِفَيَضاناتٍ رَهيبة.



النِّقاطُ الزَّرقاءُ تُبيِّنُ مواقِعَ زَلازلَ غابرةٍ. مُعظَمُ الزَّلازِلِ يَحْدُثُ على طُولِ خُطوطِ الصَّدْعِ عندَ الحُدودِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّةِ المُبيَّنةِ هُنا كخُطوطٍ خَضْراء.

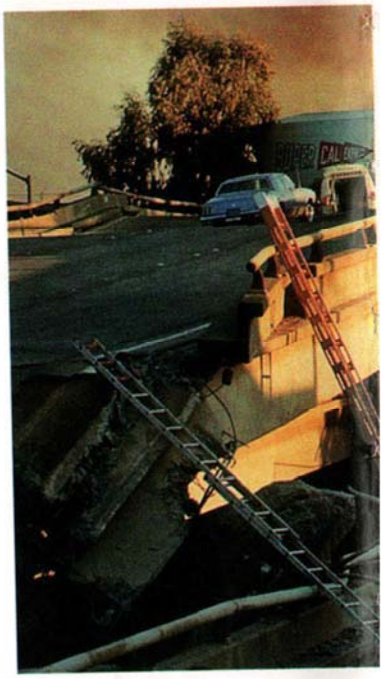


الاستِعْدادُ لِمُواجَهةِ الزَّلازل

التغَيُّراتُ الضئيلةُ في خُشونةِ الصَّدْع أو تواجُدُ مياهٍ مُزَلِّقةٍ هي عوامِلُ كافِيةٌ لاستِثارةِ زَلْزال. والمَعروفُ أنَّه يَسْتَحيلُ التنَبُّؤُ الوَثيقُ بزَمانِ ومكانِ حُدوثِ زَلْزالٍ كبير، لكنَّ القَوْلَ بالاِحْتِماليَّاتِ أمرٌ مُمْكِنٌ. المَناطِقُ الأكثرُ تعرُّضًا لِخَطرِ الزَّلازل في العالَم تَتمركَزُ في نُطُقٍ ضَيِّقةٍ على أمتدادِ الصُّدوعِ الرئيسيَّةِ بينَ الصفائحِ التَّكْتُونيَّةِ لِقِشْرةِ الأرض. ففي هذه النُّطُق، يَسْتطيعُ عُلَماءُ الزَّلازل التنَبُّؤَ بِشِبْه اليَقينِ أنَّ زَلْزالًا كبيرًا سيَحْدُثُ في وَقتٍ مّا في المُستَقْبل.

في المَناطِقِ المَعْروفةِ بتَعَرُّضِها لِخَطَرِ الزَّلازل، يُمكِنُ إقامةُ مَلاجِئَ تَقي مِن هذا الخَطَر. ويُمكِنُ تَصْميمُ المَباني بحَيْثُ تَميلُ مُتَمايلةً مع المَوْجاتِ الزَّلْزليَّةِ بدَلَ التَّشقُّقِ والإنهيار. كما إنَّ الأساساتِ المَطَّاطيَّةَ يُمكِنُها أمْتِصاصُ وإخمادُ بعضِ قُوَّةِ الزِّلْزال، لكِنَّ أمثالَ هذه الاِحْتِياطاتِ باهِظةُ التكلِفة، ومُعْظَمُ المَباني – بخاصَّةٍ في البلاد النامية (الفقيرة) تُشادُ بِدُونها. لِذا، فإنَّا نَرى الزَّلازلَ من الدرجةِ نَفْسِها تُودي بحَياة آلافِ الأشخاصِ في جُزْءٍ من العالَم، في حين لا يبلُغُ ضحاياها سِوى قِلَّةٍ قليلةٍ في جُزْءٍ آخر.

أمّا الوَسيلةُ الوَحيدةُ الأسلَمُ لِتجَنُّبِ خَطَرِ المَوْت من زَلْزالٍ، فهي الجَلاءُ عن المِنْطقةِ قبْلَ حُدوثِه. غيرَ أنَّ إزعاجاتِ الجَلاءِ السَّريع وتكاليفَه، بخاصَّةٍ عن المُدُن، باهِظَةٌ مُرهِقة. لِذا فإنَّ العُلماءَ يَبْحثون دَوْمًا عن وسائلَ ناجِعةٍ لِلتَّنبُّؤ بحُدوثِ الزَّلازلِ قبْلَ وُقوعِها بِوَقْتٍ كافٍ. حاليًّا يُمكِنُ أحيانًا وليسَ دائمًا – الاستِدْلالُ من رَجَفاتِ الأرضِ الطفيفةِ على أنَّ زَلْزالًا كبيرًا آتٍ قريبًا. وتَجْري مُحاولاتٌ لِتَقصِّي تَحْذيراتٍ أُخرى بِقُرْب حُدوثِ الزَّلازل كتغَيُّر مُستويات



◄ مِقياسا ريخْتَر ومِرْكالي يُسَجِّلان العزمَ الزَّلْزاليَّ بالدَّرجات. فيَقيسُ مِقياسُ ريخْتَر طاقةَ الزَّلْزال، ويُسَجِّلُ مِقياسُ مِرْكالي مَعْلوماتٍ عن آثارِه التدميريَّة.

◄ دَمارٌ خَلَّفَهُ زَلْزالُ عام 1989 في لُوما پْرِيتا قُرْبَ سانْ فرنسِيسْكو، بكاليفورنيا. وتُبَيِّنُ الصورةُ انهيارَ طريق نيمِتْز العامِّ المُزدوجِ الطَّوابِق على الجانبِ الشرقيِّ من خليج سانْ فرنسِيسْكو. وقد بَلَغَ مُجمَلُ مَنْ قضَوا نَحْبَهُم في هذا الزَّلْزال 275 شخصًا. وبالمُقارنة فإنَّ حوالى 000 25 شخصٍ لاقَوا حَتْفَهم عامَ 1988، في زَلْزالٍ من دَرجةٍ مَثيلةٍ في أرمينيا، حيثُ المَباني ركيكةُ الإنشاء.



أقلُّ من 3 درجاتٍ على مِقياس ريخْتَر؛ دَرجةٌ واحدة على مقياس مِرْكالي: يُسْتَبانُ الزلزالُ بآلاتٍ سيزْموغرافيَّة، لكِنَّه أضعَفُ من أنْ يَشْعُرَ به الناس.



3 إلى 3,4 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ دَرَجتانِ على مقياس مِرْكالي: يُسْتَبانُ الزلزالُ بالآلات ويَشعرُ به قِلَّةٌ من الناس. وقد تَهْتَزُّ بتأثيرِه الأَجسامُ الخفيفة.



3,5 إلى 4 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 3 إلى 4 دَرجات على مقياس مِرْكالي: اِهتزازاتٌ واضحةٌ يُشْعَرُ بها داخِلَ المنازل. تتشقَّقُ الجُدرانُ، والأجسامُ المُعَلَّقةُ تترَجَّحُ.



4,1 إلى 4,8 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 5 دَرجات على مقياس مِرْكالي: يَشْعُر بالزَّلْزلةِ مُعظمُ الناس. بعضُ النوافذ قد تَتَشقَّق، والأجسامُ السَّائبةُ تَنْقَلِبُ.



4,9 إلى 6 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 6 إلى 7 دَرجات على مقياس مِرْكالي: يَشعُر جميعُ الناس بالزلزال. قِطَعُ الأثاثِ تتحَرَّكُ والمداخِنُ تَنْقلِبُ.



6,1 إلى 7 دَرَجات على مقياس ريخْتَر؛ 7 إلى 9 دَرجات على مقياس مِرْكالي: تَنْهارُ بعضُ المنازل وتَتشقَّقُ الطُّرُقُ وتتمَزَّقُ الأنابيب.



7,1 إلى 8,1 دَرجات على مقياس ريخْتَر؛ 10 إلى 11 درجة على مقياسِ مِرْكالي: تَحدُثُ شُقوقٌ ضخمةٌ في الأرض؛ وتَبْقى قِلَّةٌ من المباني صامِدةً.



أكثرُ من 8,1 دَرجات على مِقياس ريخْتَر؛ 12 دَرجة على مقياس مِرْكالي: دَمارٌ شامِل. تَتَمَوَّجُ الأرضُ صُعُودًا وهبُوطًا.

المياهِ في الآبار وانطِلاقاتِ الغازِ وسُلوكِ بعضِ الحيَوانات. ففي عام 1975، أُخلِيَت مدينةُ هايْتشِنْغ، في الصِّين، استِنادًا إلى تَحْذيراتٍ مُشابِهة، قبْلَ حُدوث زَلْزالٍ مُدَمِّرٍ بِساعات. لكِنْ بعدَ سَنةٍ من ذلك قَضَى 000 240 شخص في زلزالٍ ضَربَ مدينةَ تانْجشان دُونَ إنذارٍ مُسْبَق.

يُمكِنُ، اليومَ، إصدارُ تَحْذيراتٍ قَبْل بضعِ عَشَراتِ الثواني من وُقوع الزلزال. إنَّ مكاشيفَ الزَّلازِلِ على امتدادِ النُّطُقِ الصَّدْعيَّةِ يُمكِنُها استِشْعارُ بِدايةِ زَلْزالٍ كبير وإرسالُ تَحْذيراتٍ لاسِلكيًّا (بالرَّاديو) إلى مَركزِ التحَكُّمِ في المُدُنِ المُجاوِزة. إنَّ مُهْلةَ التَّحْذير ليسَت كافِيَةً لإخلاءِ مدينةٍ من سُكَّانِها، لكِنَّ إنذارًا مُهْلَتُه 30 ثانيةً قد يُتيحُ مَجالًا لِلحواسيب كي تُنْقِذَ مُعْطَياتِها، ولِلمَصاعِدِ كي تفتَحَ أبوابَها لِيَخْرُجَ الناسُ منها، ولِسيَّاراتِ إطفاءِ الحرائق لِلانْتِقالِ إلى مكانٍ مكشوفٍ حتَّى لا تَتضرَّر. كذلك تُساعِدُ هذه المُهلةُ العامِلِين على جَعْلِ عمليَّاتِهم الصِّناعيَّةِ آمِنةً قبْلَ ضَرْبِ الرَّجْفة.



في كانون الثاني (يناير) عامَ 1995، قَضَى أكثرُ من 6000 شخصٍ في زلْزالِ مدينة كوبي، باليابان، وفي الحرائق التي نتجَت عنه. إنَّ سوءَ تَطْبيقِ أنظمةِ البِناء، والإنشاءاتِ الخَرَسانيَّة الرديئةَ النوعيَّة كانت مَسؤولةً إلى حَدٍّ كبيرٍ عن ذلك العددِ الكَبير من الوَفَيات.



◄ عندما يَضْرِبُ الزَّلْزالُ، تَنْتَشِرُ المَوْجاتُ الصَّدْميَّةُ من نُقْطةٍ تحتَ سَطْحِ الأرض تُسَمَّى مَرْكَزَ الزَّلْزال الجَوْفيّ. والنُّقْطَةُ على سَطْحِ الأرض الواقعةُ مُباشَرةً فوقَ هذه النُّقْطةِ تُسَمَّى مَرْكَزَ الزَّلْزال السَّطْحيّ. وقد يَنْتَشِرُ كلا نَوْعيَ المَوْجاتِ الضَّغْطيَّةِ والصَّدْميَّةِ من مَرْكَزِ الزَّلْزالِ الجَوْفيِّ مُحْدِثَيْنِ تَشَقُّقاتٍ في سَطْحِ الأرضِ ودَمارًا في المَباني.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
قاعُ المُحيط ص 14 – 15
الاِنْجِرافُ القارِّيّ ص 16 – 17

تَشَكُّلُ الجِبال

على مَدى تاريخِ الأرض تتشَكَّلُ سَلاسِلُ الجبالِ وتتلاشَى بِفِعل أنشِطةِ البراكين والزَّلازِلِ والتَّصادُماتِ القارِّيَّةِ وعواملِ الطَّقْس.



عالِمُ الجيُولوجيةِ الإسكُتلَنْدي، جيمْس هَتُون (1726 – 1797)، كان يعتقدُ أنَّ نشوءَ الجبالِ تَمَّ بِانْدِفاعِ الصَّخرِ الحارِّ من البَراكين. وفاتَه إدراكُ تأثيراتِ الانجِرافِ القارِّيِّ في هذا التكوُّن.



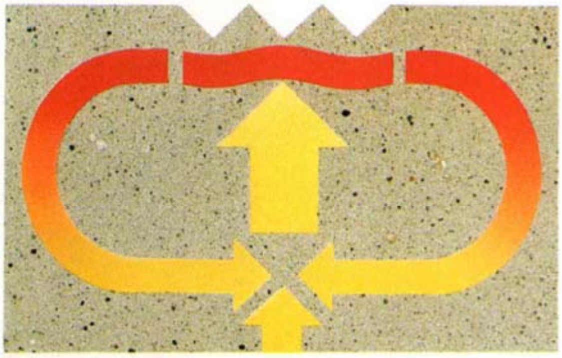
هذه الصُّخورُ في نَقْبِ سْتير في دورسِتْ، بإنكلترا، يَرْجِعُ تاريخُها إلى العَصْرِ الجُوراسيّ، منذُ حَوالى 180 مليون سنة. وقد حدثَت الطيَّةُ نتيجةً لِتَصادُم إفريقية مع أوروبا.

▼ عندما تُضْغَطُ الصُّخورُ الطَّرِيَّةُ أو السَّهلةُ التصَدُّعِ أُفُقِيًّا، فإنَّها سَتَتَثَنَّى أو تَتطَوَّى. أمّا الصخورُ الأصلدُ الصامِدةُ (العَصِيَّةُ على الطَّيِّ) فإنَّها تَتصدَّعُ أو تَتشقَّق. وحيثُ يكونُ الصَّخْرُ تحتَ توتُّرٍ إجهاديٍّ فإنَّ أوديةَ خَسْفٍ ستَتشَكَّلُ. وبِفِعلِ شِدَّةِ الانْضِغاطِ فإنَّ هِضابًا انْدِفاعيَّةً ستَرْتَفِع.

القارَّاتُ دائمةُ التَّصادُم. وعندما تَنْدَسُّ قارَّةٌ تحتَ قارَّةٍ مُتاخِمة، فإنَّ منطقةَ الارتطام تَستمِرُّ في التَّحَدُّبِ والارتفاع في عمليَّةٍ مُتواصلةٍ تَسْتَغرِقُ مَلايين السِّنين. القِشْرةُ القارِّيَّةُ تتألَّفُ من صخرٍ صَلْدٍ لكنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّةِ الدائمةَ التأثير وضَغْطَ الصُّخورِ من فوق إضافةً إلى حرارةِ باطنِ الأرض تجعَلُ القشرةَ أليَنَ. ونتيجةً لذلك يتطوَّى الصخرُ صُعودًا، ثمَّ تغوصُ الطيَّاتُ نُزولًا مُتَراكمةً كبَطَّانيَّةٍ مُجَعَّدة. والسِّلْسلةُ الجبَليَّةُ الناتِجةُ تتألَّفُ من تَوالٍ من الطيَّاتِ المُتكَرِّرةِ، مُتَراكِمةً واحِدَتُها فوقَ قِمَّةِ الأُخرى.

عمليَّةٌ مُتواصِلة

السَّلاسِلُ الجبليَّةُ الأحدثُ لا تَزالُ تَرْتَفِع. فحيثُ ارتطمَت إفريقيةُ بأوروبا نشأت جبالُ الألْب. كما قامت جبالُ الهِملايا نتيجةً لِتَصادُم أوراسيا (التي هي اليوم أوروبا وآسيا) مع شِبْهِ القارَّةِ الهِنْديَّة. وقد بدأت هذه العمليَّةُ منذُ 65 مِليون سنة، مَصْحوبةً بالثوراناتِ البُركانيَّةِ الهائلة التي فصَلت الهِنْدَ بعيدًا عن القارَّاتِ الجنوبيَّةِ الأخرى. فاتَّجَهَت الهِنْدُ شَمالًا دافِعةً المُحيطَ العظيمَ تِثيس أمامَها. واندَسَّتِ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ الكثيفةُ تحتَ آسيا، لكنَّ الرُّساباتِ في قاعِ المُحيط لم تكُنْ عاليةَ الكثافة؛ فغُرِفَت صُعُدًا وضُغِطَت بينَ القارَّتَين لِتُشَكِّلَ «كَعْكَةً» طِباقيَّةً. وقد استمرَّت آسيا حَوالى 45 مليون سَنة في تَبطئةِ تقدُّمِ الهِنْد – رافِعةً الهَضَبةَ التِّيبيتيَّةَ أثناءَ هذه العمليَّةِ ومُحْدِثَةً شُقوقًا على بُعد آلافِ الكيلومترات شَمالًا. وأحدُ هذه الشُّقوقِ خَسْفٌ شاسِعٌ بعُمْقٍ يَزيدُ على 9000 مِتْر تَشْغَلُه حاليًّا بُحَيْرةُ بَيكال. والمعروفُ أنَّ أجزاءً من جبالِ الهِمالايا لا تَزالُ ترتفِع. فنَجْدُ نانْجاپاربات في الشَّمال الغربيّ من پكستان يرتفِع بمِقدار 5 ملم سنويًّا. ومع ارتفاعِه لا يَعودُ الصخرُ قادرًا على دَعْمِ وَزْنِه الخاصّ فتتعرَّضُ المِنْطقةُ لِانْزِلاقاتٍ أرضيَّةٍ مُدَمِّرة.



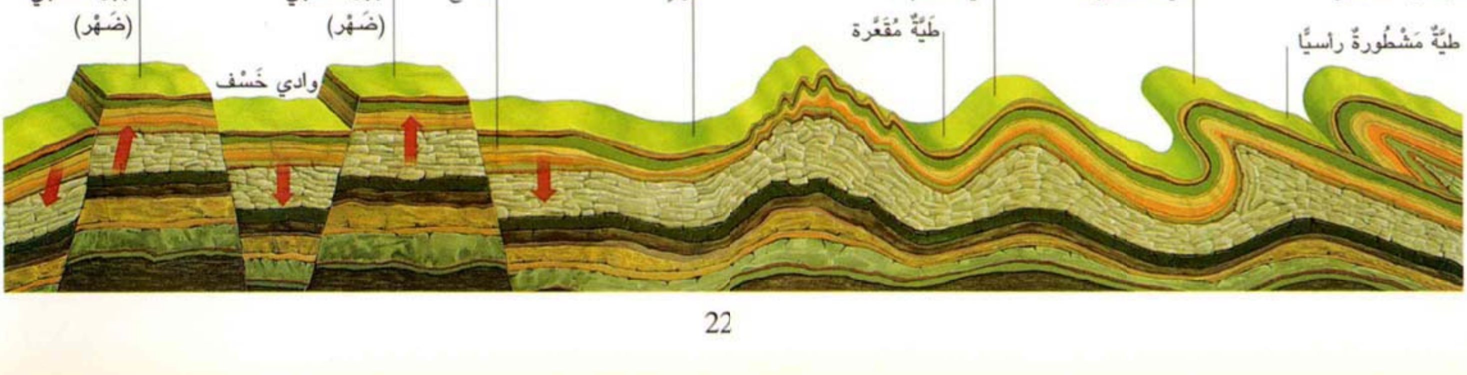
في عمليَّةٍ تُسَمَّى الدَّوْرةَ الصخْرِيَّةَ، يُقْذَفُ الصخرُ أو يندفِعُ صُهارةً من باطنِ الأرض مُكَوِّنًا جِبالًا، ثمَّ يَتَحاتُّ ويَنْجرِفُ ليُشكِّلَ صخورًا جديدةً في البَحْر. هذه الصخورُ الجديدةُ تُغْرَفُ مُجَدَّدًا صُعُدًا وتتكرَّرُ الدَّوْرة.

الجِبالُ عَبْرَ التاريخ

أبهى قِمَمِ الجبال رَوْعةً وأعلى السَّلاسِلِ الجَبليَّةِ في العالَم كانت نتيجةً لأنشِطةِ تَنَشُّؤِ الجبالِ الأكثرِ حَداثةً. لكنْ تتوفَّرُ أيضًا شواهِدُ كثيرةٌ على تصادُماتٍ قارِّيَّةٍ أكثرَ قِدَمًا. فسِلْسلةُ جبالِ الأپلاش، التي تمتَدُّ على طُولِ كاملِ السَّاحلِ الشرقيِّ لأمريكا الشماليَّة، والمُرْتَفَعاتُ الإسكَنْدِناڤيَّةُ الشماليَّة، وغرينلَنْد الشرقيَّة، وأجزاءٌ من اسكتلَنْدا يَبْلُغُ عُمْرُها جميعًا حوالى 250 مليون سَنة. وفي عهودٍ سالِفة، قَبْلَ انفِساحِ المُحيطِ الأطْلسيّ، كانت تلك السَّلاسِلُ والمُرْتَفعاتُ مُتَّصِلةً معًا في سِلْسلةٍ جَبَليَّةٍ عظيمةٍ نَتيجةً لِتَصادُمٍ قارِّيٍّ أقدَمَ عَهدًا. حتَّى في أقدمِ الصُّخورِ على الأرض، في كَنَدا، وغرينلَنْد، وإفريقية الجَنوبيَّة، وأُستراليا، هنالك شواهِدُ على تواجُدِ سلاسِلَ جبليَّةٍ يَعودُ تاريخُها إلى زَمَنِ تكوُّنِ القارَّاتِ الأُولى على الأرض.

دَوْرةٌ مُتَواصِلة

تُسَجِّلُ قِشْرةُ الأرض تاريخَ عِراكٍ مُتَواصلٍ بينَ أتْيارِ الجبال وقُوى الجَاذبيَّةِ والتَّحات. فحَيْثُ ترتَفِعُ جِبالٌ مُسَنَّنةُ النواشِزِ حادَّةُ الانحدار فإنَّها تتأكَّلُ بِسُرعةٍ أوَّلًا، مُخَلِّفةً جُرُفًا وأوديةً تقطَعُ عَبْرَ التكوينات الجيُولوجيَّة. ومعَ استِمْرارِ عمليَّاتِ التأكُّلِ والتَّحات، تَتَّسِعُ الأوديةُ وتَمْلُسُ التِّلالُ وتَظْهَرُ طَبَقاتُ



أعلى الجبال في العالَم

آسيا	
جَبلُ إفَرِسْت	8848 م
جَبلُ ك2	8611 م
جَبلُ كانشِنْجونغا	8597 م
جَبلُ ماكالو	8480 م
امريكا الجَنوبيَّة	
جَبلُ أكُنكاغُوا	6960 م
امريكا الشماليَّة	
جَبلُ مَكِنْلي	6194 م
إفريقية	
جبَلُ كِلِمَنْجارو	5895 م
أوروبا	
جَبلُ إلبروس	5633 م
القارَّةُ القُطبيَّةُ الجَنوبيَّة	
جَبلُ ڤِنْسون ماسِّيف	5139 م
أوقيانوسية	
جَبل وِلْهلم	4509 م

الصَّخْرِ الصَّلْدِ المَنيع.

وسُرعانَ ما تَتَّخِذُ بَسْطةُ الأرض نَسْجَةً وتَجَزُّعَ الطبقاتِ الجيولوجيَّة تحتَها – مع حيُودٍ مُتَوازِيةٍ تُبرِزُ خُطوطَ الطيَّاتِ والطبقاتِ الأصْلَدَ من الصَّخْر. وأحيانًا ترتفِعُ كُتْلَةُ القارَّةِ بكامِلها مُشَكِّلةً هَضْبةً عالِيةً – بدَلَ أنْ تَتحَدَّبَ طيَّاتٍ وجبالًا. ومع مُرورِ الزَّمَن، تأخذُ الأنهارُ بِشَقِّ أفاجيجَ وأوديَةٍ في تلك الهَضْبة، كالإفجيج العظيم (الجْراند كانيون) في أريزونا، مُخَلِّفةً مُنْبَسطاتٍ أرضيَّةً في ما بَيْنها. وأخيرًا مع اتِّساعِ الأوديَةِ، تَتَموَّجُ الأرضُ حتَّى تَسْتَقِرَّ بِمُستوًى جديدٍ أخفضَ، رُبَّما مع بضْعِ حيُودٍ مَعْزولةٍ من الصَّخْرِ الأَصْلَد.

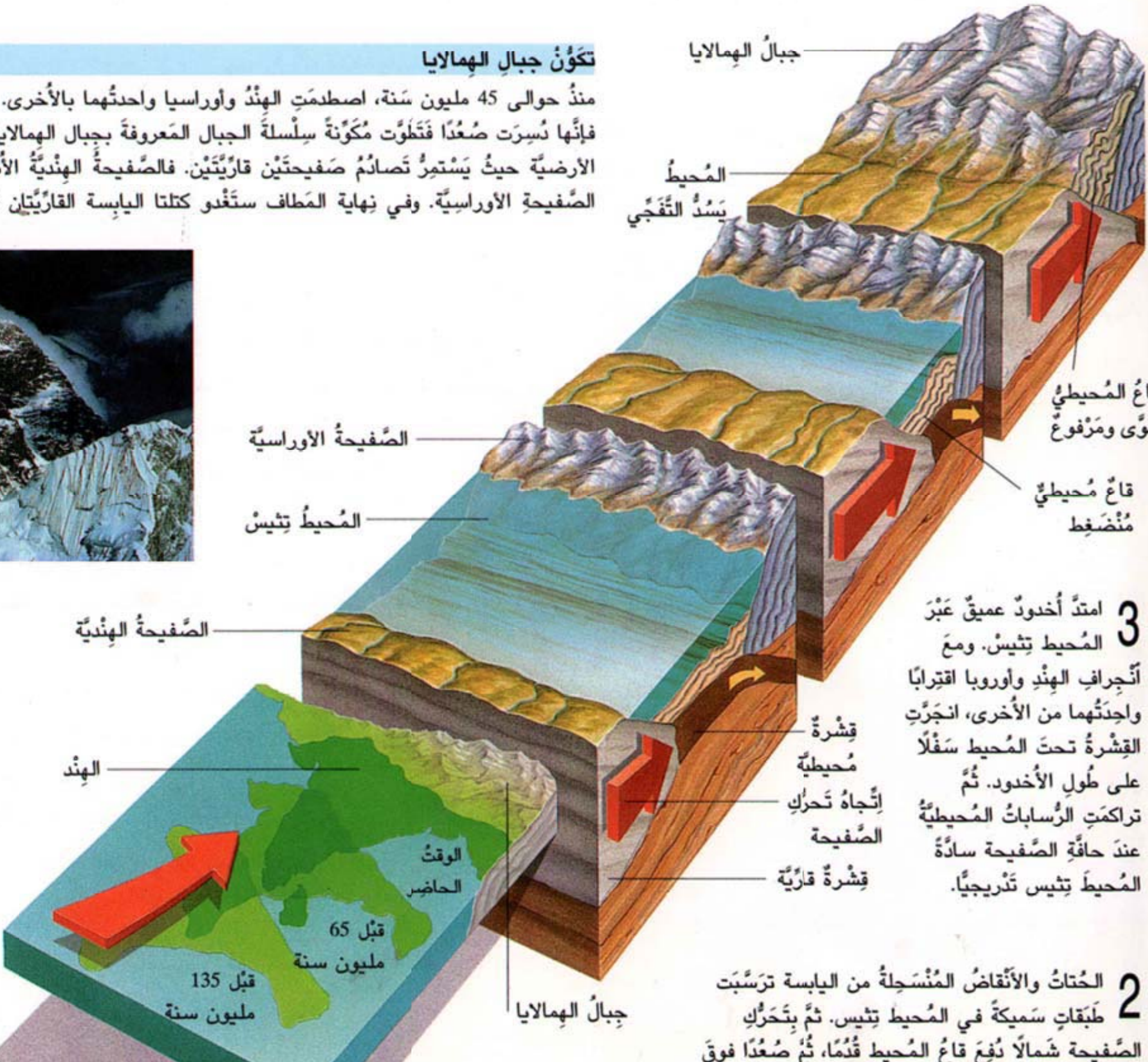
والمَعلومُ أنَّه كُلَّما ازدادَ ارتِفاعُ الجبلِ وتَزايدَت حِدَّةُ سُفوحِه فإنَّ تعرُّضَه للانْزِلاقاتِ الأرضيَّةِ والتَّحاتِّ يزدادُ أيضًا. أمَّا القِمَمُ المُعَمَّمةُ بالثَّلج فإنَّها تَتشَظَّى بتَمَدُّد أسافينِ المياهِ المُتَجمِّدة داخِلَ شُقوقِ الصُّخور. وتَقومُ الأنهارُ والمَثالِجُ بِجَرْفِ الأنقاضِ نُزولًا نحوَ البَحْر والأنهارُ التي تُصَرِّفُ المياه من أيِّ مِنْطقةٍ جَبليَّةٍ تَتدَفَّقُ حَمْراءَ بالرُّسابات المُعَلَّقةِ وتحمِلُها بعيدًا في المُحيط. وهناك تستَقِرُّ على قاعِ المُحيط، حتَّى تُغْرَفَ صُعُدًا مُجَدَّدًا، بَعْدَ عدَّةِ مئاتِ الملايين من السِّنين، لِتُشَكِّلَ سِلْسلةً جَبليَّةً جديدة. وهكذا تَتواصَلُ دَوْرةُ الصُّخور.

تَكَوُّنُ جِبالِ الهِمالايا

منذُ حوالى 45 مليون سَنة، اصطدمَتِ الهِنْدُ وأوراسيا واحدتُهما بالأُخرى. ولِكَون القِشْرةِ القارِّيَّةِ خَفيفةً نِسْبيًّا، فإنَّها دُسِرَت صُعُدًا فَتَطَوَّت مُكَوِّنةً سِلْسلةَ الجبال المَعروفةَ بِجبال الهِمالايا. هذه الجبالُ تُمَيِّزُ نِطاقًا من القِشْرة الأرضيَّة حيثُ يَسْتَمِرُّ تَصادُمُ صَفيحتَيْن قارِّيَّتَيْن. فالصَّفيحةُ الهِنْديَّةُ الأستراليَّةُ لا تزالُ تندفِعُ شَمالًا داخلَ الصَّفيحةِ الأوراسِيَّة. وفي نِهاية المَطاف ستَغْدو كتلتا اليابِسة القارِّيَّتانِ مُتَلاحِمَتَيْن.



أعلى جَبلٍ في العالَم هو جَبلُ إفَرِسْت الذي يبلُغُ ارْتفاعُه 8848 م فوق مُستَوى سَطْح البَحْر. وقد احتُسِبَت قياساتُ ارْتفاعه مُؤَخَّرًا بدِقَّةٍ بمُساعدةِ مُعْطَياتِ السَّواتِل الأرضيَّة.



1 بعْدَ تفلُّقِ پانْجيا «أُمّ القارّات»، منذُ حوالى 200 مليون سنة، بدأتِ الصَّفيحةُ الهِنْديَّةُ الأستراليَّة تتحَرَّكُ شَمالًا. ومنذُ حوالى 45 مليون سنة، ارتطمَت هذه الصفيحةُ بشِدَّةٍ بالصفيحةِ الأوراسيَّة الأكبَرِ والأثْقَل فاندفعَ الصخرُ صُعُدًا مُكوِّنًا جِبالَ الهِمالايا.

2 الحُتاتُ والأنْقاضُ المُنْسَحِلةُ من اليابسة ترَسَّبَت طَبَقاتٍ سَميكةً في المُحيط تِثيس. ثُمَّ بِتَحَرُّكِ الصَّفيحة شَمالًا دُفِعَ قاعُ المُحيط قُدُمًا، ثُمَّ صُعُدًا فوقَ الحافَّةِ المُخَرَّشة للصَّفيحةِ الأوراسيَّة.

3 امتدَّ أُخدودٌ عميقٌ عَبْرَ المُحيط تِثيس. ومعَ انْجِرافِ الهِنْدِ وأوروبا اقتِرابًا واحِدَتُهما من الأُخرى، انجَرَّتِ القِشْرةُ تحتَ المُحيط سَفْلًا على طُولِ الأُخدود. ثُمَّ تراكمَتِ الرُّساباتُ المُحيطيَّةُ عندَ حافَّةِ الصَّفيحة سادَّةً المُحيطَ تِثيس تَدْريجيًّا.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
الإنْجِرافُ القارّيّ ص 16 – 17
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 – 25

تَشَكُّلُ الصُّخور

الصُّخورُ كُتَلٌ طبيعيَّةٌ من موادَّ مَعْدِنيَّة. وهي تَتَراوحُ صَلادةً من الجِرانَيْت الأَصْلَد إلى الصَّلْصال الأَلْين. ويَتضَمَّنُ كُلُّ صَخْرٍ دلائلَ تُنْبي عن مَراحِلِ تكَوُّنِه.



الطَّلْق (التَّلْك) 1



الجِبْس 2



الكَلْسَيْت 3



الفلورَيْت 4



الأپاتَيْت 5



فِلْدسبار الأورثُوكلاز 6



الكوارتْز 7



التُّوپاز 8



الكُورَنْدُم 9



الماس 10

تتواجَدُ الصُّخورُ في ثلاثةِ أنماطٍ أساسيَّة: الصُّخورُ البُرْكانيَّةُ (الناريَّة) تتكَوَّنُ من الصُّهارةِ المُتصَلِّبة التي تَرْتَفِعُ من أعماقِ قِشْرة الأرض؛ والصخورُ الرُّسوبيَّةُ هي موادُّ ترسَّبَت على قِيعانِ البِحار أو الأنهار وتَصلَّبَت صَخْرًا مع مُرورِ الزَّمَن؛ والصُّخورُ المُتحَوِّلةُ قد تَبْدأُ كأحدِ النَّمطَيْن السالِفَيْن، لكِنَّها تتحَوَّلُ لاحقًا إلى ما هي عليه بِفِعلِ الحرارةِ والضَّغْطِ في باطِنِ الأرض.

دِراسةُ الصُّخور

تتألَّفُ الصُّخورُ من مُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ تُسَمَّى مَعادنَ، يُمكِنُها أنْ تُشَكِّلَ داخلَ الصخْرِ حُبَيْباتٍ دَقيقةً أو بِلَّوراتٍ ضَخْمة. هناكَ جُمْلَةٌ مُتكامِلةٌ من التِّقانيَّاتِ في تَصرُّفِ عُلَماءِ الصُّخور تُمَكِّنُهم من تَعَرُّفِ المعادنِ بِمُجرَّدِ النَّظَرِ إليها. كما تُستَخْدَمُ أيضًا الأدواتُ ميدانيًّا في موقعِ التَّنْقيبِ أو في المُخْتَبَر. عِلْمُ البِلَّوريَّات يَشْمَلُ دراسةَ البِلَّورات – من حيثُ أشكالُها وتركيبُها وخصائصُها. فالكثير من المعادن البِلَّوريَّة تَنْشَقُّ بِيُسْرٍ في اتِّجاهٍ معيَّن، يُسَمَّى مُسْتَوى الانْشِقاق، أكثَرَ منه في اتِّجاهٍ آخَر. أمَّا الصُّخورُ اللاانْشِقاقيَّةُ فقد تَتصَدَّع. وهذا التَّصَدُّع قد يَكونُ مَحاريَّ الشَّكْل أو مُشَظًّى أو مِنْشاريَّ التَّسْنين. وفي تَقَصِّي الخصائصِ البَصَريَّةِ للصُّخور تؤخَذُ بالاعْتِبار ألْوانُها وشَفافيَّتُها (مِقْدارُ الضوء الذي تَسْمَحُ بمُروره) ومُعامِلُ انْكِسارها (مِقدارُ حَنْيِها للضَّوء) وبَريقُها (الطريقةُ التي ينعكِسُ فيها الضوءُ من سُطوحِها) ولَونُ حَزِّها على آجُرَّةٍ غيرِ مُزَجَّجة. كما تُسَجَّلُ كَثافةُ الصَّخر، أو وَزْنُه النوعيُّ، ورَقْمُ صَلادته. وغالبًا ما تُفْحَص شرائحُ رقيقةٌ من المَعْدِنِ تحتَ مِجْهرٍ ضوئيٍّ إذ إنَّ الضوءَ المُسْتَقْطَبَ يُساعِدُ في كَشْفِ الخصائص البَصَريَّة للمَعْدن. وبإمكان المَجاهرِ الإلكترونيَّةِ إجراءُ تحاليلَ كيماويَّةٍ مِجْهريَّةٍ على كُلِّ حُبَيْبة. أمَّا الأداةُ الأفعَلُ في هذه الدراسة فهي المِطْيافُ الكُتْليُّ الذي يَزِنُ بالفِعل ذرَّاتٍ فَرْديَّةً في العَيِّنةِ ويُقارِنُ النِّسَبَ بين مُختلِفِ الأَشْكالِ أو النظائر من العناصِر نَفْسِها. وهذا مفيدٌ بخاصَّةٍ في تَحْديدِ عُمْرِ الصَّخر بتحديد عُمْرِ العناصِرِ المُشِعَّةِ فيه التي تَضْمَحِلُّ بِسُرعةٍ مَعْروفة. وبهذه الطرائق، يُمكِنُ أحيانًا وَضْعُ تاريخٍ مُفَصَّلٍ للحُبَيْبةِ المَعْدِنيَّةِ طَبَقةً طَبَقةً خِلالَ مَراحِلِ تكَوُّنِها.



هذه الصورةُ تُبَيِّنُ بِلَّوراتِ نَمَطٍ من الفِلْدسبار الأورْثُوكلازيّ المَعروف بالمكروكْلاين – الذي رَقْمُ صلادَته 6 على مِقياس مُوهْز. وهو يتألَّفُ من سِليكات الپوتاسيوم والألومنيُوم، ويُشَكِّلُ بِلَّوراتٍ ثلاثيَّةَ المَيْل.

تَشكيلاتُ الصُّخور

يدرُس عُلماءُ الصُّخورِ أيضًا الظروفَ التي تَشَكَّلَتْ فيها الصُّخور. فمَثلًا، الصخورُ البُرْكانيَّةُ تَبْرُدُ بِسُرعاتٍ مُخْتلِفة. فالثَّوَرانُ البُركانيُّ تحت البَحْر تُطْفِئه المياهُ الباردة بِسُرعةٍ. ونَتيجةً لذلك، تَتَصَلَّبُ الحُمَمُ اللَّابيَّةُ قبْلَ أنْ تتنامَى أيُّ بِلَّوراتٍ كبيرة. أمَّا الكُتلةُ الكبيرةُ من الجرانيت المَحْقونةُ في باطنِ القارَّةِ فتَسْتَغرِقُ وقتًا أطولَ بكثيرٍ لكَي تَبْرُدَ – لِذا،

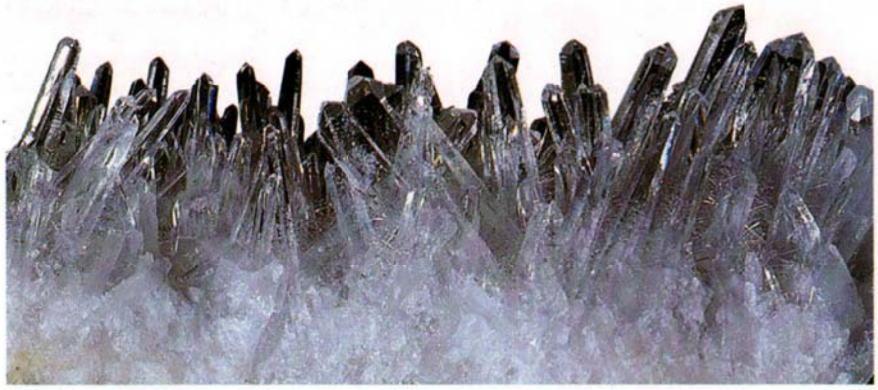


◄ الجِرانَيْت هو المَثَلُ الأشْهَرُ على صَخْرٍ بُرْكانيٍّ انْدِساسيّ. هذه القِطْعةُ من جِرانيت شَابٍ تَحْوي بِلَّوراتٍ وَرْديَّةً كبيرةً من الفِلْدسبار الأورثُوكلازيّ، والبلچيُوكْلاز والفِلْدسبار الأورثُوكلازيّ الأبيضَيْن، ومَيكا البَيُوتَيْت السوداء، والمَرْوَ (الكوارتز) الزُّجاجيّ.

► في العام 1822، وضَع عالِمُ المَعادن الألمانيّ، فرِدْريخ مُوهْز (1773 – 1839) قائمةً من عَشَرةِ معادنَ تُستَخْدَمُ أساسًا لِمُقارنةِ صَلادةِ الموادِّ المُختلِفة – بدءًا بواحد (1) للمَعْدِنِ الألْيَن، وَ10 للمَعْدِنِ الأصْلَد. وبالمُقارنة، فإنَّ صلادةَ ظُفْر الإصْبَع 2,5، والقِطْعةِ النَّقْديَّة النُّحاسيَّة، 3,5، والسِّكِّينِ الفولاذيِّ 5,5، والزُّجاجِ 6.

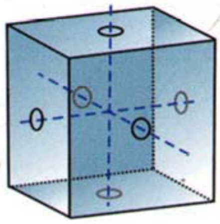
المَنْظُوماتُ البِلَّوريّة

الأرضُ تَحْوي عشراتِ الأُلوفِ من المعادنِ المُتَميِّزة – لِكُلٍّ منها تركيبٌ كيماويٌّ مُحَدَّدٌ دقيق. والمعادنُ إذا تكَوَّنت بِبُطْءٍ – مُتَرَسِّبةً من مَحْلول، أو بَرَدَتْ بِبُطْءٍ من صَخْرٍ مَصْهور – فإنَّها تَتَنامَى عادةً بأشكالٍ بِلَّوريَّةٍ جميلة.

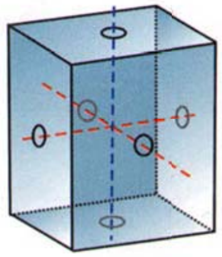


◄ الكوارتْز، أو البِلَّورُ الصَّخْريّ، هو أحدُ المعادنِ الأكثرِ شُيوعًا وهو غالبًا ما يُشَكِّلُ بِلَّوراتٍ سُداسيَّةً جميلةً في فَجَواتِ الصُّخور. هذه العَيِّنةُ وُجِدَتْ في سويسرا.

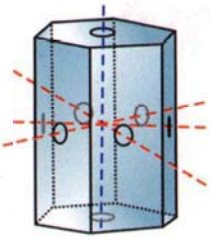
▼ المَنْظوماتُ (أو الأنظمةُ) البِلَّوريَّةُ الأساسيَّةُ مُبَيَّنةٌ في الشَّكْل أدناه. وهي: النِّظامُ التكعيبيُّ والرُّباعيُّ والسُّداسيُّ والمُعَيَّنيُّ القائم والأحاديُّ المَيْل والثُّلاثيُّ المَيْل.



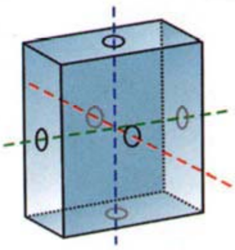
النِّظامُ التكعيبيّ: 3 مَحاورَ مُتَساويةُ الأطوال ومُتعامِدة. أمثلة: مِلح الطعام، والپيْرايت، والچالينا



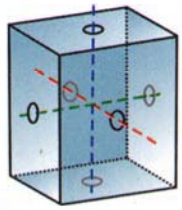
النِّظامُ الرُّباعيُّ الوُجوه: 3 مَحاورَ مُتعامِدة، أحدُها مُختلِفُ الطول. مثال: الكَسبتيرايْت



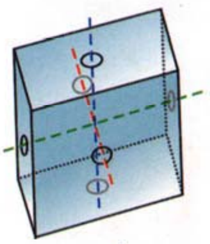
النِّظامُ السُّداسيّ: 3 مَحاورَ مُتساويةٌ في مستوًى أُفقيّ يتباعَدُ كُلُّ مِحْوَرَيْن بزاوية °120، ومِحْورٌ رابعٌ مُتعامِدٌ مع مُستواها. مثال: الكوارتْز



النِّظامُ المُعَيَّنيُّ القائم: 3 مَحاورَ مُتعامِدةٌ غيرُ متساوية الأطوال. أمثال: الأُولِڤين والپيْريتات



النِّظامُ الأحاديُّ المَيْل: 3 مَحاورَ غيرُ مُتساوية، 2 منها مُتعامِدان وواحدٌ (1) متعامدٌ مع مُستواهما. مثال: الپيْروكسين



النِّظامُ الثُّلاثيُّ المَيْل: 3 مَحاورَ غيرُ مُتَساوية وغيرُ مُتعامِدة. مثال: البِلاچيُوكلاز

يمكِنُها تَنْمِيةُ بِلَّوراتٍ يَبْلُغُ طولُها عِدَّةَ سنتيمترات. حتَّى حُبَيْبةُ الرَّمْل لها قِصَّةٌ تُروى. فالرَّمْلُ يتألَّفُ عادةً من الكوارتْز أو السِّليكا. وحُبَيْباتُ الرَّمْل مثلًا كُلٌّ بِمُفرَدِها قد تكونُ مُدَوَّرةَ الحوافِّ بِفِعْلِ ارتطام هذه الحُبَيْبات واحدتِها بالأُخَر بِسَفْيِ الرِّياح. والحُبَيْباتُ الأدقُّ تَرْتَحِلُ أبعدَ بفِعْلِ الرِّياح والمياه، وبذلك تُصَنِّفُ الرِّمالُ نفسَها ذاتيًّا. كذلك فإنَّ القُراراتِ المُحيطيَّةَ من حوافِّ القارَّات تتواجَدُ أحيانًا مُصَنَّفةً بالرَّمْلِ الخَشِنِ في القاع والأدقِّ الأنعم أبعدَ فوقَها. وغالبًا ما يكونُ ذلك نتيجةً لِلانْزِلاقاتِ الأرضيَّة تحت الماء التي ترَسَّبَت منها الموادُّ الخَشِنةُ أوَّلًا.

فَصائلُ الصُّخور

مُعْظَمُ الصُّخورِ المُتواجدةِ في قِشْرةِ الأرض تتألَّفُ من مُرَكَّباتٍ كيمياويَّةٍ سِليكاتيَّة. ويَنْتمي أهَمُّها إلى بِضْع فصائلَ بَسيطة.

فالكوارتْز سِلْسلةٌ مُلَوْلَبةٌ سليكاتيَّة (س أ٤، SiO_4) من رُباعيَّاتِ الأوجُهِ المُثَلَّثيَّة. وهو المَعدِنُ الأكثَرُ تواجُدًا في سَطْح الأرض.

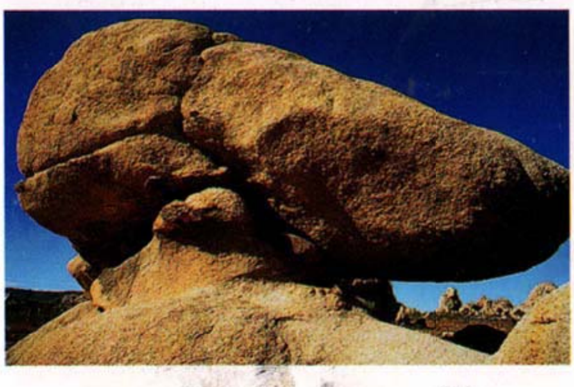
وتتألَّفُ الفِلْدسبارات من هَيكلٍ من السِّليكات الألومنيُوميَّة الرُّباعيَّةِ السُّطوح مع كمِّيَّاتٍ مُتَفاوِتةٍ من اليوتاسيوم والصوديُوم والكالسيوم. وهي تُؤلِّفُ ما بين 50 إلى 60 بالمئة من كُتْلةِ مُجْمَل الصُّخور البُركانيَّة. الأُولِڤين يتألَّفُ من سِليكاتٍ كثيفةِ التراصِّ رُباعيَّةِ الأوجُه المُثَلَّثيَّة مع المَغْنسيُوم والحديد. والأُولِڤيناتُ عامَّةُ التواجُد في الدِّثارِ الأرضيِّ وفي الصُّخورِ البُركانيَّة. اليَيْروكْسينات فَصيلةٌ من السِّليكات السِّلْسليَّة تَحْوي المَغْنسيوم (إنستاتَيْت) أو الكالسيُوم والمَغْنسيُوم (دايُويسَيْد) أو الحديد والألومنيُوم (أُوجَيْت). الأَمْفيبُولات هي يَيْروكْسينات مُزْدَوجةُ السِّلْسلة من سليكات الحديد والكالسيُوم والمَغْنسيُوم وسواها. والمَيْكا هي سِليكاتٌ طِباقيَّةٌ تنْفَلِقُ بِسُهولة إلى قُشاراتٍ أو لُوَيحات. وهي تَشْمَلُ المَسْكوفَيْت (المَيْكا البَيْضاء) والبَيُوتَيْت (المَيْكا الداكِنة).



مَقْطَعٌ رَقيقٌ من البازَلْت الأُولِڤينيّ يُبَيِّنُ بِنْيتَه مُكَبَّرةً 25 مَرَّةً. البِلَّوراتُ المُتَطاولة هي فِلْدسبار پِلاچيُوكلازيّ. ويَظهَرُ الأُولِڤين كبِلَّوراتٍ مُدَوَّرةٍ وَرْديَّةٍ أو بُرْتُقاليَّة.



هذه البِلَّورةُ من المَيْكا المَسْكوفيتيَّة تنْفَلِقُ بسُهولةٍ إلى طَبَقاتٍ رَقيقة. وحيثُ إنَّ المَعْدِنَ صامِدٌ للحرارة، فإنَّه يُستَخْدَمُ عادةً في صُنْعِ نوافذِ الأفران.



المُونْزُونَيْت الكوارتْزيُّ صَخْرٌ بُركانيٌّ خَشِنُ الحُبَيْبات يَحْوي نِسْبةً عاليةً من الفِلْدسبار. وقُوى التحاتِّ تنتِجُ منه بِبُطْءٍ جلاميدَ مُدَوَّرةً كبيرةً تُشْبِه هذا الجُلْمود في مُتَنَزَّهِ شَجَرة جوشْوا القوميّ بكاليفورنيا.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
خصائصُ الجَوامِد ص 194 – 195
الانكِسار ص 264 – 265

الخاماتُ والأَحْجارُ الكَريمة

كثيرٌ من العناصِر نادِرُ التواجُد في بِنْية الأرض، لكِنَّ العَمليَّاتِ الطبيعيَّةَ ركَّزتْها في مَواقِعَ حيث في مَقدورنا تَعْدينُها كخاماتٍ قَيِّمةٍ أو كجواهِرَ نفيسة.



البُوكسَيْت – خامُ الألُومنيُوم الرئيسيّ – يتألَّفُ من خَليطٍ من اكاسيد الألومنيُوم المُميَّاة.



يتألَّفُ المَلَكَيْتُ من كربونات النُّحاس؛ وهو أحدُ خاماتِ النُّحاس الرئيسيَّة. والمَصقولُ منه يُسْتَخْدَمُ غالبًا في صناعة المُجَوهرات.



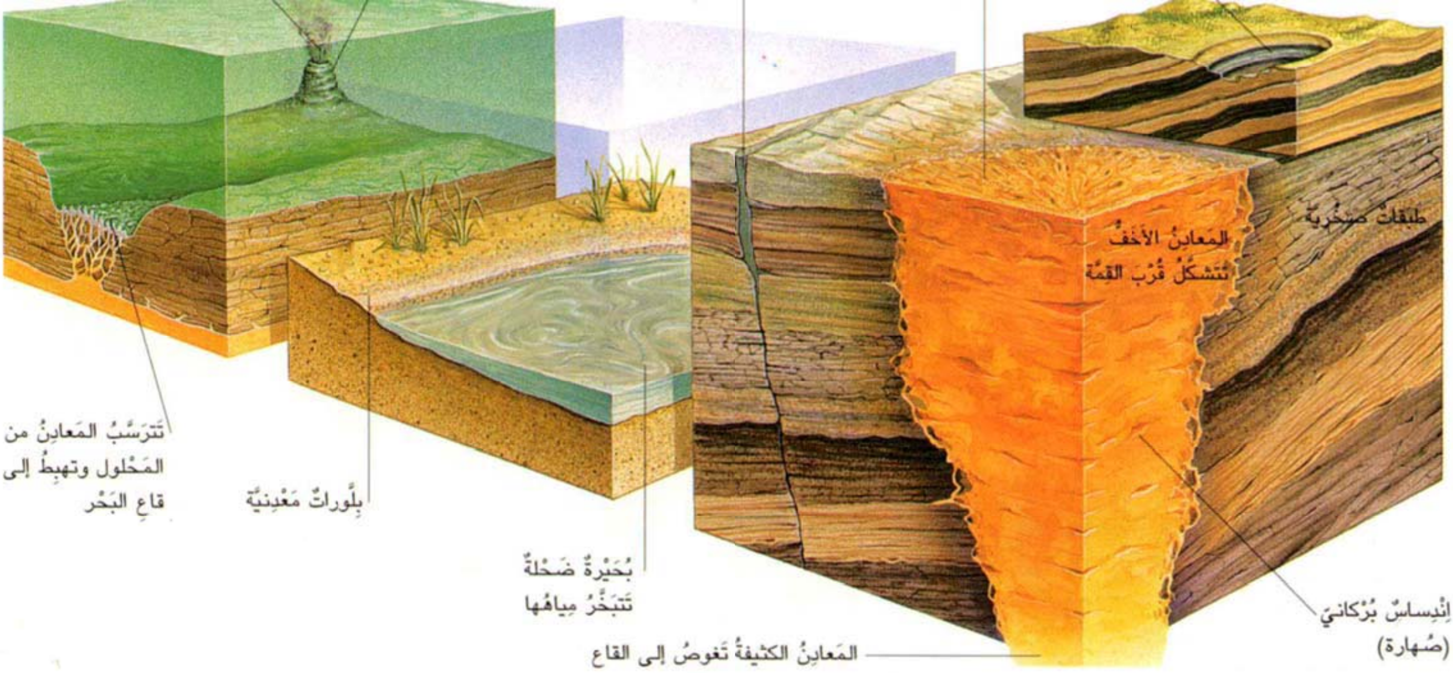
الستِبْنَيْت هو الخامُ الرئيسيُّ لِعُنْصرِ الأَنْتيمون. وهو مَعدنٌ كِبْريتيديٌّ يُشكِّلُ غالبًا بلُّوراتٍ مُتطاوِلة. يَتكوَّنُ الستِبْنَيْت حَوْلَ الفُتْحات الحَرْمائيَّةِ في المُحيطات – حالًّا في الغالِب محَلَّ الصُّخورِ الأخرى التي انحَلَّت وذابَت.

فلِزّاتُ الحَديدِ والنُّحاس والذَّهَب وسائرُ الفلِزّاتِ الأُخرى ذاتُ القيمة لَدى الناس مُتواجدةٌ بكمِّيّاتٍ نَزْرةٍ في جميعِ أنحاءِ العالَم. لكِنَّ العَمليَّاتِ الطبيعيَّةَ قامَت وتقومُ بتركيزِ خاماتِ هذه الفلِزّات في مواقعَ حيث يُمكِنُ للناس تَعْدينُها واستِخْدامُها.

مَصادِرُ المَعادِن

يحدثُ تَرْكيزُ المَعادن في الطبيعة بعِدَّة طُرق. ففي الصَّخْرِ المَصْهور، يَبْدأُ تشَكُّلُ البِلَّورات، وتَغوصُ الأكثَرُ كثافةً منها إلى القاع. وقد أدَّت هذه العمليَّةُ إلى تكْوين القَلْبِ الحديديِّ المَصْهور للأرض. وهي تحدثُ على نِطاقٍ أضيَقَ في الكُتَلِ المُنْدَسَّةِ من الصَّخْرِ المَصْهور، كالجِرانيت. وإضافةً إلى تَرْكيزِ المعادِن ضِمْنها، فإنَّ كتلةَ الصَّخْرِ المَصْهورِ الصاعدةَ عَبْرَ الصُّخورِ الأُخرى تَدْفَعُ البُخارَ والماءَ المُفرِطَ الإحماءِ أمامَها. وبإمكانِ هذه القُوَى، تحتَ الضَّغْطِ الهائل، تَذْويبُ الكثيرِ من المَعادن في الصَّخْر ودَفْعُها عبْرَ الشُّقوقِ والصُّدوع، حيثُ تترَسَّبُ كعُروقٍ مَعْدِنيَّة. وتترَكَّزُ مَعادِنُ أُخرى على مَقْرُبةٍ من سَطْحِ الأرض عندما يَتَبَخَّرُ الماءُ أو عندما تَنْحَتُّ مُقَوِّماتٌ أُخرى من مادَّةِ الصَّخْر. وفي أعماقِ المُحيطات هنالك ثُقوبٌ، تُسَمَّى فُتحاتٍ حَرْمائيَّة، تَدْفُقُ مياهًا غَنِيَّةً بالمعادِنِ التي تَتبَلَّرُ حولَ تلكَ الفُتحات أو تَترسَّبُ في أرجاءِ المُحيط حوالَيْها. وهنالك مِساحاتٌ شاسِعةٌ من قاعِ أعماقِ المُحيط مَكْسُوَّةٌ بعُجَيْراتٍ مَنْغَنِزيَّةٍ مُبعثرةٍ غَنِيَّةٍ بفلِزّاتٍ قَيِّمةٍ أُخرى، كالكُوبَلْت. ولعَلَّ المناجِمَ سَتكونُ يومًا لَيْسَ على الأرض بلْ في الفَضاء. وإذا ما استطَعْنا أسْرَ كُوَيْكبٍ سيَّارٍ غَنِيٍّ بالفلِزّات وتَعْدينَهُ، فقد نحصُلُ منه على كمِّيّاتٍ من

قد تَتشكَّلُ المَعادِنُ القَيِّمةُ في الإنبِساساتِ البُركانيَّةِ الحارَّة أو حوالَيْها، بالتبَخُّرِ أو التَّجْوِيَةِ على مَقْرُبةٍ من السَّطْح، وفي الفُتحات الحَرْمائيَّة أو حوالَيْها على قاعِ المُحيط.



البلاتين والفلزّاتِ ذاتِ العلاقة ما يُساوي ترِلْيُوناتِ الدولارات.

مُعالَجةُ الخامات

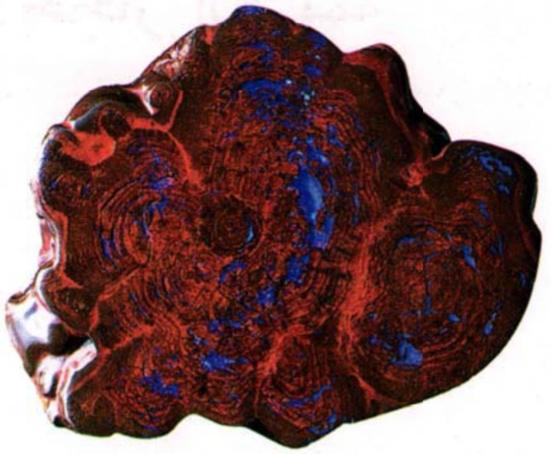
تعتَمدُ تِقانيّاتُ التَّعْدينِ على مُسْتَوى تَرْكيزِ الخام وعُمْقِه وعلى قِيمَتِه عندَ الناس. وحيثُ يوجَدُ الخامُ في عِرْقٍ سَميكٍ تحتَ الأرض، فبالإمكان الوُصولُ إليه بحَفْرِ مَهاوٍ بئريَّةٍ، وأحيانًا تكونُ الطبيعةُ قد قامت هي بعمليَّةِ الحَفْر. كَثيرًا ما تتواجَدُ قُراراتٌ ضَخْمةٌ من الخام الأقلِّ تركيزًا على مَقْرُبةٍ من السَّطح تَسْتَحِقُّ الاستِخْراج بتِقانيّاتِ التَّعْدينِ المَكْشوف. فحُبَيباتُ الذهب الدقيقةُ وشَذَراتُه، مثلًا، يُمكِنُ العثورُ عليها مُرَكَّزةً في التجمُّعاتِ الحَصباويَّةِ في قِيعان الأنهار.

مُعظمُ المَعادنِ الفلزِّيَّةِ هي مُرَكَّباتٌ كيماويَّةٌ ذاتُ خصائصَ مُختلِفةٍ جِدًّا عن خصائص الفلزّات التي تَحْتويها. فتُسْتَخدمُ طريقةُ الصَّهْر لإسْتِخلاصِ الفلزِّ من خاماته. وتُسْتَخْدمُ الحرارةُ وعاملٌ مُخْتزِلٌ، كالكربون، لفَصْلِ مُرافِقات الفلزِّ الكيماويَّةِ عنه.

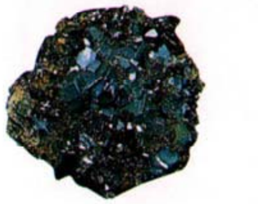
الأَحْجارُ الكَريمة (الجَواهِر)

بعضُ المَعادنِ تُقَيَّمُ غالبًا لجَمالِها الطبيعيِّ - وليسَ على أساسِ أيِّ استِخْدامٍ عَمليّ. فأيُّ مَعدِنٍ يُتَّخَذ حِلْيَةً يُمكِنُ اعتِبارُه من الجَواهر. بعضُ المعادن عُضْويُّ الأَصْل يَحْوي الكَهْرمانَ الأصفر (الراتينَجُ الشجريُّ الأُحفوريّ) أو السَّبَجَ (الكَهْرمان الأسود الصَّلْد). والكثيرُ من الأَحْجار النفيسةِ الأُخرى هي ضُروبٌ من المعادن السِّليكاتيَّة كالمَرْو (الكوارتْز) والجَمَشْت واليَشْم والبَجادي (العَقيق الأحمر) والتوپاز (الياقوت الأصفر). والأَحْجارُ الأنفَسُ قِيمةً والأغلَى ثمَنًا هي الأعزُّ نُدْرَةً والأكثَرُ ديمومةً. وهي تشمَلُ الياقوتَ الشفَّف المُشْرَب بالحُمْرة والصَّفِّيرَ (الياقوت الأزرق) والزُّمُرُّدَ (الزَّبَرْجَد الأخضر) والماسَ. وهذه يتكوَّنُ مُعظمُها على درجاتِ حرارةٍ وضَغْطٍ عاليةٍ في باطِنِ الأرض.

ومع أنَّ الماسَ هو أصلَدُ المَعادنِ المَعْروفة، فإنَّه، كالفَحْم النباتيِّ، مُؤلَّفٌ من كرْبونٍ نَقِيّ. لكنَّه، خِلافًا للفَحْم النباتيِّ، تكَوَّنَ من كربونٍ تحتَ ضَغْطٍ هائلٍ على عُمْقِ حوالى 600 كيلومتر تحتَ سَطْح الأرض. أمّا مناجِمُ الماسِ الشهيرةُ في إفريقية الجَنوبيَّة، فمَصْدَرُها صَخْرٌ بُركانيّ، يُسَمَّى الكِمْبَرلَيْت، تفَجَّرَ بِعُنْفٍ هائلٍ يَفوقُ الوَصف منذُ أكثرَ من بليونِ سَنة. بلَّوراتُ الماسِ الطبيعيِّ ذاتُ 8 أوجُه، لكنَّها في الحُلِيِّ، تُقَصُّ فَنِّيًّا وبعِنايةٍ فائقة إلى وُجَيْهاتٍ كثيرة - عددُها المُفَضَّل 58. والماسُ هو أصلَدُ المعادنِ المَعْروفة (صلادتُه 10 في مِقياس مُوهْز - أُنظُر ص 24) - لِذا فهو يُسْتَخْدمُ في إعداد المَثاقيبِ والمَناشيرِ الصِّناعيَّة.



▶ مَقْطَعٌ عَبْرَ جِذْعٍ شجريٍّ أُحفوريٍّ مُتَحَجِّرٍ يُبَيِّنُ بِنْيةَ الشَّجرة ومَعْدِنَ الأوپال. والأوپالُ هو شكلٌ لابلَّوريٌّ من ثاني أكسيد السِّليكون - ألوانُه الكثيرةُ تجعَلُ منه حجرًا كريمًا ثمينًا.



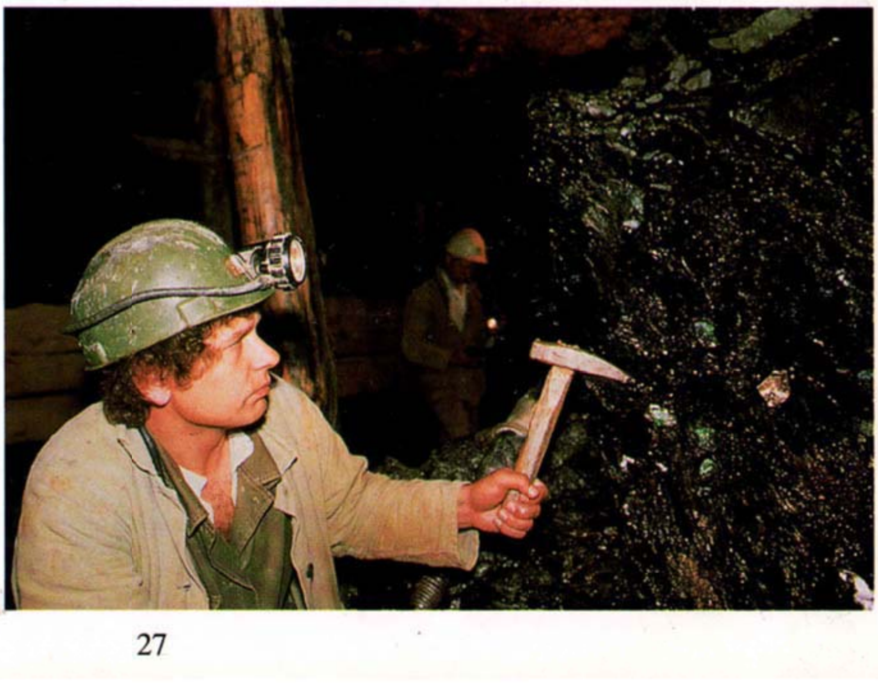
الجالينا - كِبْريتيد الرَّصاص هو خامُ الرَّصاص الرئيسيّ. وهو يُشكِّلُ بلَّوراتٍ فلزِّيَّةً رَماديَّةً تكعيبيَّةً. وغالبًا ما يَحْوي عُنْصُرَ الفِضَّة - الذي يُعْتَبَرُ مُنْتَجًا ثانويًّا قَيِّمًا في صِناعةِ تَعْدين الرَّصاص.



يتألَّفُ التوپازُ من سِليكات الألومنيُوم والفلُور. وهو يتواجَدُ في عِدَّةِ ألوانٍ مُختلِفةٍ - تشمَلُ الأصفرَ والأزرقَ والأخضرَ والبنَفْسجيَّ والبُنِّيَّ المُحْمَرّ. هذه بِلَّورةُ توپاز مُنْجَزةُ القَطْعِ والصَّقْل.



▼ الزُّمُرُّد (الزَّبَرْجدُ الأخضرُ) شكْلٌ نادِرٌ من البَرِيل (سِليكات البريلِيُوم والألومنيُوم) يكتَسِبُ لونَه الأخضَرَ من مَقاديرِ الكروم الضئيلةِ النَّزْرةِ التي يحتويها.



▶ عامِلُ مَناجِمَ يتقَصَّى عِرْقًا مَعْدِنيًّا في مَنْجم لاستِخْراج الزُّمُرُّد. مُعظَمُ أنواعِ الزُّمُرُّد تتكوَّنُ عندما تتفاعَلُ مَوائعُ سافِعةُ الحرارةِ تحوي البريلِيُوم والكرُوم مع أكسيد الألومنيُوم حوْلَ الإنبِساساتِ الجِرانيتيَّة.

أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 - 9
المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 - 165
الفلزّاتُ الثمينة ص 201
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213

الصُّخورُ النَّاريَّةُ (البُرْكانيَّة)

الصُّخورُ الناريَّةُ بمُختلِف أشكالها تتولَّدُ بفِعْل الحرارةِ الشديدة (800° - 1300°س)؛ ومُعْظَمُها يتكَوَّنُ من صُهاراتٍ تحت ضغطٍ هائلٍ عميقًا في باطنِ الأرض. وتَتصاعَدُ هذه الصُّخورُ بِبُطءٍ نحوَ السَّطح مَصْهورةً و شِبْهَ مَصْهورة.

تَتشكَّلُ كُلُّ الصُّخورِ الناريَّةِ من ذَوبِ صُهاريٍّ، وتُصنَّفُ حسَبَ نَسْجَتِها وتَرْكيبِها وأَصْلِها. فالصُّخورُ الناريَّةُ الحامضيَّةُ يَغْلِبُ أنْ تكونَ فاتحةَ اللَّون خفيضةَ الكَثافة. وهي تَحْوي كمِّيَّاتٍ وَفيرةً من السِّليكا أو الكوارتْز - غالبًا بالإضافةِ إلى معادنَ مُتَنوِّعةٍ من مَجْموعةِ الفِلْدسبار. أمَّا الصُّخورُ الناريَّةُ القاعديَّةُ فهي أشَدُّ قَتامةً وأكثَرُ كَثافةً؛ وتَحْوي جَميعاتٍ من الأُولِڤين والبِّيروكسين والهُورنْبلِند أو الأَمْفيبُول. والصُّخورُ فوقَ القاعديَّةِ كَثيفةٌ جدًّا وتَرْكيبُها مُقارِبٌ لِتَركيبِ طَبقةِ الدِّثارِ العُلْيا.

صُخورٌ ناريَّةٌ مُخْتلفة

الصُّخورُ الناريَّةُ إمَّا مُنْدَسَّةٌ أو نابطة. فالصُّخورُ المُنْدَسَّةُ تُدْفَعُ صُعُدًا تحت صُخورٍ فوقَها كَكُتَلٍ ضَخْمةٍ مُكْتَملةِ التَّصلُّب. والصُّخورُ النابطةُ تَتفَجَّرُ من بَراكينَ أو تَنْقَذِفُ في جُدَّاتٍ قاطِعةٍ وجُدَّاتٍ مُوازِيةٍ مُقْتَرِنةٍ بها.

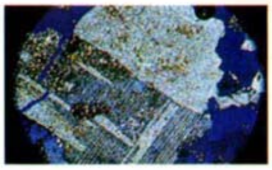
وتعتَمِدُ نَسْجَةُ الصُّخورِ البُرْكانيَّةِ على سُرعَةِ تَبَرُّدِها. فإذا برَدَت بِبُطْءٍ في أنْدِساساتٍ ضَخْمةٍ، فقد تَتنامى فيها بِلَّوراتٌ كبيرة. وأحيانًا تَترَسَّبُ هذه البِلَّوراتُ لِتُشَكِّلَ البِجْماتَيْت الخَشِنَ النَّسْجةِ البِلَّوريَّة، أو تُوسَرُ كَبِلَّوراتٍ بارزةٍ كبيرةٍ في وَسَطٍ ذي حُبَيْباتٍ أدَقّ. أمّا إذا بَرَدَتِ الصُّهارةُ بِسُرعةٍ، فَستَكُونُ الحُبَيْباتُ دَقيقةً أو حتَّى زُجاجيَّة. وقد تَحْتَجِزُ فقاقيعَ من الغاز أو حتَّى شَقَفًا كبيرةً من الصَّخر المُكْتَنِف (كصُخورٍ دَخيلة).

الصُّخورُ الناريَّةُ القاعديَّةُ قد تتكوَّنُ بالانْصِهارِ الكُلِّيِّ أو الجُزْئيِّ لِطبقةِ الدِّثارِ العُلْيا، بخاصَّةٍ حيثُ ترتَفِعُ ذُؤابةٌ دِثاريَّةٌ تحتَ نُقْطةٍ حارَّة. فعندما تَنْقَذِفُ الصُّهارةُ هذه من بُركانٍ وتَبْرُدُ بِسُرعةٍ، فإنَّها تُكَوِّنُ نوعًا من البازَلْتِ دقيقَ الحُبَيْباتِ قاتِمَ اللَّون جِدًّا يَحْوي الفِلْدسبار والمَيكا والهورنْبلِنْد. وإذا ما حُقِنَ الخَليطُ نَفْسُه بينَ طبقاتٍ صخريَّةٍ تحتَ الأرض، فإنَّه يَبْرُدُ بِبُطْءٍ أكثرَ، مُشَكِّلًا بِلَّوراتٍ أكبرَ تُسَمَّى دولِرَيْت. وهو بالتبريدِ الأبْطأ، على مَدَى ملايينِ السِّنين وفي أغوارٍ أعمقَ، يُكَوِّنُ صُخورًا أخشَنَ نَسْجَةً تُسَمَّى جابْرو، بالتركيبِ الإجماليِّ نفسِه.

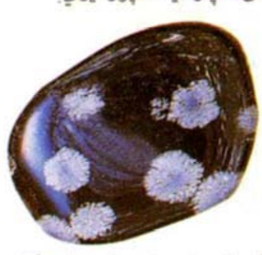
عندما تَغوصُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ تحت قارَّةٍ فإنَّ أجزاءً من كِلْتَيْهما تَنْصَهِرُ مُكَوِّنَةً صُهارةً أكثرَ حامِضيَّةً وأغْنى سِليكاتيًّا. الماءُ وثاني أكسيد الكربون يَجْعلان الصُّهارةَ تَنْسابُ بِسُهولةٍ أكثرَ، لكِنَّ السِّليكا تُغَلِّظُ قَوامَها. الانْبثاقاتُ من هذه المادَّةِ تُكَوِّنُ الأَنْدِسَيْت - وهو شكلٌ من البازَلْت أبْهَتُ لونًا وأغنَى بالسِّليكا. وبعدَ ملايينِ السِّنين، عندما تَتشَخَّنُ القارَّةُ بالثَّوَراناتِ البُرْكانيَّة، قد تَبْدأُ قاعدةُ القارَّةِ بالانْصِهار. وهذا يُحْدِثُ انْدِساساتٍ من الجرانيت الغَنِيِّ بالسِّليكا.



هذا الوَجْهُ الجُرُفيُّ يَحْوي طَبَقاتٍ من الخَفَّافِ (النَّسَفَة) والسَّبَج (الأوبْسيدْيان)، وكلاهُما صَخْرٌ ناريٌّ نابِط.

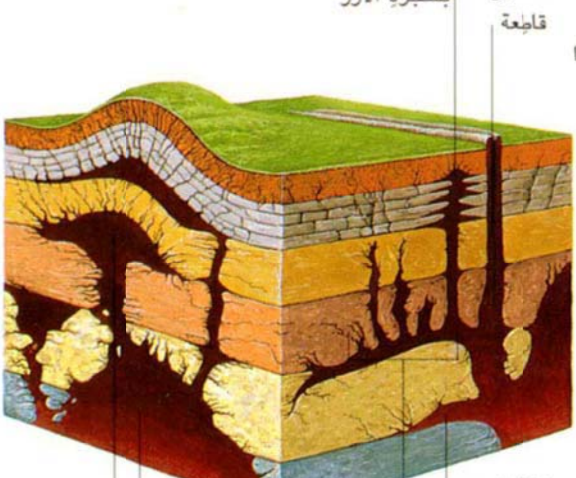


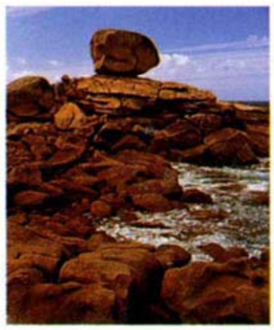
المِجْهَرُ يكشِفُ بِلَّوراتٍ مَعْدِنيَّةً في هذا المَقْطَعِ الرَّقيقِ المُكَبَّرِ من الجرانيت البُّورْفيريّ.



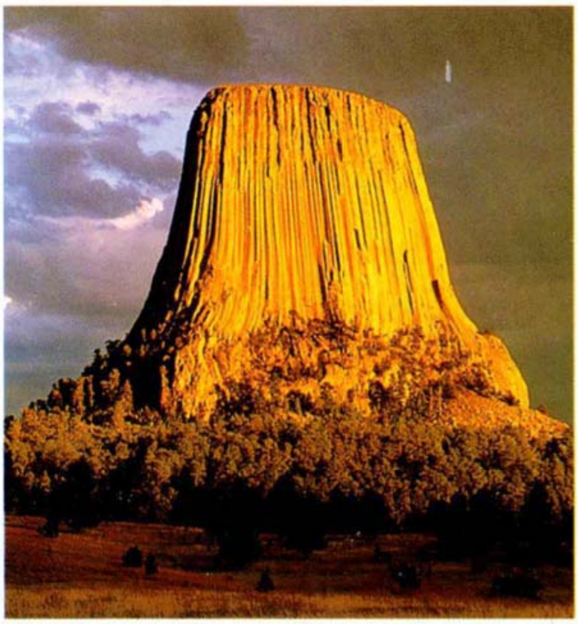
زُجاجٌ سَبَجيٌّ أسودُ ناريُّ الأَصْل مُغَطًّى بِنُتَفٍ بيضاءَ أشْبَه «بالكِسَفِ الثلجيَّة».

◄ هذا مَقْطَعٌ عَبْرَ أَنْيساسٍ من الجرانيت يُبَيِّنُ باثُوليتًا ذا جُدَّاتٍ قاطعةٍ وجُدَّاتٍ مُوازِيةٍ حَوْلَه. أحيانًا يَتَّخِذُ الإنْيساسُ شَكْلَ قُبَّةٍ وتَكَوِّنُ الصخورُ الرُّسوبيَّةُ المُحيطةُ لاكوليتًا - وهو كُتْلةٌ صخريَّةٌ انْدِساسيَّةٌ مُتوافقةٌ تُشبِه الخَزَانَ المَقْلوب. وبِتحاتِّ الصُّخورِ يَنْكَشِفُ الجرانيت.





▲ شَعُّ الشَّمْسِ والصَّقيعُ يُسَبِّبانِ تَمَدُّدَ طبقاتِ الجرانيت الخارجيَّةِ وتَقَلُّصَها حتَّى تُصْبِحَ جَلاميدَ مُدَوَّرة.



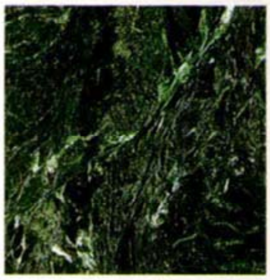
بُرْجُ الشيطان في وِلايةِ وَيُومِنْغ، بالولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة، هو سِطامٌ أو فُتْحَةُ بُرْكانٍ بازَلْتيَّ ضَخْم.

أنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 - 9
البَراكين ص 18 - 19
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 - 25

الصُّخورُ المُتَحَوِّلة

تتكوَّنُ الصُّخورُ المُتَحَوِّلةُ من صُخورٍ أُخرى بفِعْل الضُّغوطِ ودَرجاتِ الحرارة الهائلةِ على عُمْقِ آلافِ الأَمتار تحتَ سَطْحِ الأرض.



الرُّخامُ صَخْرٌ جيريٌّ (كِلْسيٌّ) مُتَحَوِّل. وهو يُشَكِّلُ حَجَرَ بناءٍ زُخْرُفيًّا مُحَبَّبًا. هذه اللوحةُ تُؤلِّفُ جُزْءًا من الواجهة الخارجيّةِ لِمَبْنى البورصة في لَنْدن.



هذه العَيِّنةُ من صَخْرِ النَّايس تَحْوي بلّوراتٍ خَشِنةً وتَبْدو شَبيهةً بالجرانيت. لكِنَّ نَسْجةَ هذه العَيِّنة سبَبُها تَراصُفُ الحُبَيْباتِ صُفوفًا تحتَ الضَّغْط.



يَتَكَوَّنُ الشِّسْتُ بالتحَوُّلِ المِنْطَقيّ. بِلّوراتُ المَيكا تراصَفَت بفِعْلِ الضَّغْطِ العالي. بعضُ المَيكا في قِطْعةِ الشِّسْت هذه، التي مَصْدَرُها جبالُ الألْب النِّمْساويّة، قد تحَوَّل إلى بَجاديّ (عَقيق أحمر).

عندَ تعَرُّضِ الصُّخورِ البُرْكانيَّةِ والرُّسوبيَّةِ إلى ضُغوطٍ هائلةٍ ودَرَجاتِ حرارةٍ عالية، فإنَّ بِنْيَتَها وأحيانًا تَرْكيبَها الكيماويّ، قد يَتغَيَّران. فالموائعُ الحارَّةُ التي تَتَغَلْغَلُ فيها قد تُضيفُ إليها أو تُزيلُ منها معادنَ مُخْتلِفةً. ويُمكِنُ لهٰذه الظُّروف أنْ تَجْعَلَ المَعادنَ المَوجودةَ تَتَّخِذُ أشكالًا مُخْتلِفةً. القُوَى التحويليَّةُ هذه قد تَفوقُ الـ 100 ضَغْطٍ جَوِّيٍّ وَالـ 400°س. وتحتَ هذه الظُّروفِ قد تَغْدو المعادِنُ الطِّباقيَّةُ مُشَوَّهةً أو مُمْتَطَّةً أو مُدَمَّرةً. لذلك فإنَّ الصُّخورَ المُتَحَوِّلةَ تُصَنَّفُ حَسَبَ نَسْجَتِها وتَرْكيبِها ومَصْدَرِها.

تَصْنيفُ الصُّخور المُتَحَوِّلة

هنالكَ نَوعانِ من التَّحَوُّل: أوَّلُهما التحَوُّلُ التَّماسيُّ، حيثُ تَشْوي أَنْدِساساتٌ حارَّةٌ من الصخْرِ الناريِّ الصُّخورَ المُحيطةَ المُكْتَنِفة. وثانيهُما التَّحَوُّلُ المِنْطَقيّ حيثُ تُكبَسُ وتُدفَنُ وتُحْمَى حُجومٌ من الصَّخْرِ أضخَمُ كثيرًا - كما في نُطُقِ التصادُمِ القارِّيَّةِ مثلًا.

التَّحَوُّلُ يربُطُ حُبَيْباتِ الحجَرِ الرَّمْليِّ معًا مُكَوِّنًا الكوارتْزَيْت؛ كما يُحَوِّلُ الحجَرَ الجيريَّ إلى رُخام. ومع عَودةِ تَبَلُّرِ كربونات الكالسيوم في الرُّخام، تَجْنَحُ بعضُ الشوائبِ إلى مُغادرةِ البلّورات قَسْرًا. وغالبًا ما يُشَكِّلُ هذا أَزْيانًا مُغايِرةً تُكْسِبُ الرُّخامَ زخْرفةً جماليَّةً عالية. إنَّ بعضَ أشهرِ التماثيل في العالَم قد نُحِتَت من رُخامِ كارّارا الشهيرِ الأبيضِ المُقْتَطَع من محاجرِ إيطاليا.

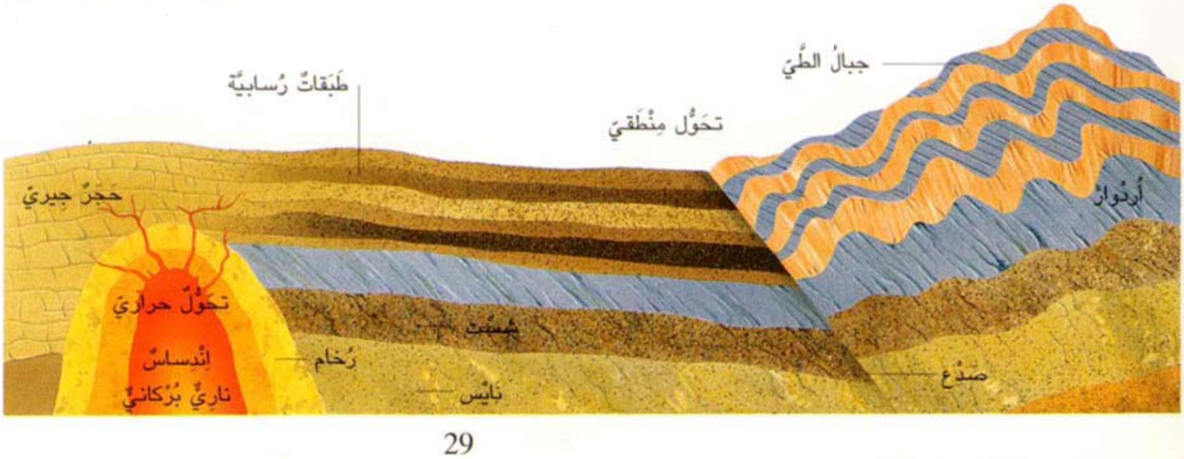
التَّحَوُّلُ المِنْطَقيُّ قد يُمِرُّ صَخْرًا رُسوبيًّا، كالطَّفْل، عَبْرَ سِلْسلةٍ من التغَيُّرات. فيُعيدُ تشكيلَ العَديدِ من المَعادنِ الطُّفاليَّةِ (الصَّلْصاليَّة) إلى حُبَيْباتٍ رقيقةٍ مُسَطَّحةٍ من المَيكا بالانْضِغاطِ المِنْطَقيّ. وهذه تَنْزِعُ إلى التراصُفِ مُتَعامِدةً مع اتّجاهِ الانْضِغاط.



الأَرْدُوازُ شكلٌ مُتَحَوِّلٌ من الطَّفْل بفِعْلِ الضَّغْطِ غالبًا. والحُبَيْباتُ المعدنيَّةُ في الأرْدُواز مُتَراصِفةٌ صُفوفًا بحيثُ تجعَلُه قابِلًا للتَّفَلُّقِ شرائحَ رَقيقةً. هذا المَحْجَرُ في سنُودونْيا، بويلْز، كان يُسْتَخْدَمُ سالفًا في إنتاج ألواحِ الأرْدُواز المُسْتَخْدَمةِ في صِناعةِ التَّسْقيف.

هذه العمليَّةُ قد تُشَكِّلُ صخرَ الأَرْدُواز الذي يُمكِنُ فَلْقُه شرائحَ مُسَطَّحةً على امْتِدادِ التَّجَزُّعِ في اتّجاهٍ قد لا يُمتُّ بِصِلةٍ إلى الطِّباقيَّةِ الرُّسوبيَّةِ الأصليَّة. وإذا استَمَرَّ الانْضِغاطُ، فإنَّ الأَرْدُوازَ يتحَوَّلُ إلى فِلِّيت - مع مَزيدٍ من أنواع الميكا ومَعادنِ الضغط الأعلى كالبَجادي (العَقيق الأحمر). وبتَزايدِ الضغطِ ودَرجةِ الحرارة تَتَشَوَّهُ الطبقةُ المعدنيَّةُ أكثَرَ فأكثَرَ مُكَوِّنةً شِسْتًا رقائقيًّا. وبارْتفاعِ دَرجةِ الحرارة أكثر تَتخَشَّنُ حُبَيْباتُ المعادن مُنْتِجةً النَّايس. وقد يكونُ النَّايْسُ هو الصَّخْرُ الذي يَنْصَهِرُ عندَ قاعدةِ القارّات، ثُمَّ يَصْعَدُ مُنْتِجًا الجرانيت مُكمِلًا بذلك الدَّوْرةَ الصَّخْريَّة.

هذا المُخَطَّطُ يُبَيِّنُ شَكْلَي التَّحَوُّل المُخْتلِفَيْن. فجبالُ الطَّيّ، إلى يَمين الصَّدْع، قد رَكَمَت طبقةً سَميكةً من الصخر، كابِسةً إيّاها بحيثُ أعادَت حُبَيْباتِها المَعْدنيَّةَ تراصُفَها فتحَوَّلَ الطَّفْلُ إلى أرْدُواز. أمّا طَبَقاتُ الطَّفْل والأرْدُواز الأكثَرُ عُمْقًا والأشَدُّ سُخونةً فقد تحوَّلَت إلى شِسْت ونايْس. وإلى يسار المُخَطَّط، يَبْدو انْدِساسٌ بُركانيٌّ يشْوي الصُّخورَ المُحيطةَ مُحْدِثًا تحَوُّلًا تَماسيًّا، ومُحَوِّلًا الحجَرَ الجيريَّ إلى رُخام.



أُنْظُر أيضًا

بِنْيةُ الأرض ص 8 – 9
تَشَكُّلُ الصُّخور ص 24 – 25
الصُّخورُ النّاريّةُ (البُرْكانيّة) ص 28
الصُّخورُ الرُّسوبيّةُ (الطِّباقيّة) ص 30 – 31

الصُّخورُ الرُّسوبيَّة (الطِّباقيَّة)

الأرضُ مُفتَرشةٌ بِطَبقاتٍ من الصُّخورِ الرُّسوبيَّة (الطِّباقيَّة). وتتألَّفُ هذه الصُّخورُ من رُساباتٍ كيماويَّةٍ وأحيائيَّة (بيُولوجيَّة)، وأحافيرَ وشقَقٍ مُجَوَّاةٍ من صُخورٍ أُخرى.



الجُرُفُ الجيريَّةُ الطَّباشيريَّةُ في مُرتَفعات دورْ جَنوب إنكلترا هي ترَسُّباتٌ من الحجَرِ الجيريِّ الدقيقِ الحُبَيْبات تكوَّنَت من مَحارِ المُتعَضِّياتِ البَحْريَّةِ الدقيقةِ التي عاشَت هناك منذُ حوالى 70 مليون سَنة.



هذه الكُتَلُ من الحجَرِ الطينيِّ الجيريِّ المَعروف أيضًا بالمَرْل، كانت قد ترسَّبَت عميقًا في قاعِ البَحْرِ منذُ ملايينِ السِّنين.

الصُّخورُ في تكَوُّنٍ مُسْتَدام وليسَ فقط في الثَّوَرانات التي تَحْدُثُ عميقًا تحتَ سَطْحِ الأرض. الصخورُ الرُّسوبيَّةُ تَنْتُجُ من تَدَمُّجِ وتصَلُّبِ جُسَيْماتٍ رُسوبيَّةٍ دقيقةٍ تَتراكَمُ في طَبَقات.

رُساباتٌ مُخْتلِفةٌ

هنالك ثلاثةُ أنواعٍ رئيسيَّةٌ من الصُّخورِ الرُّسوبيَّةِ (الطِّباقيَّة): الفُتاتيَّةُ والعُضْويَّةُ الأحيائيَّةُ المَنْشأ والكيماويَّة. تتكَوَّنُ الصُّخورُ الفُتاتيَّةُ من تفَتُّتِ صُخورٍ سالِفةٍ إلى جُسَيْماتٍ دقيقةٍ يُعادُ توزيعُها بواسطةِ الرِّياحِ والمياهِ والمَثالِج. وهي تُصَنَّفُ حَسَبَ حَجْمِ حُبَيْباتِها، من جلاميدَ وحصًى كبيرةٍ إلى جُسَيْماتٍ طينيَّةٍ فائقةِ الدِّقَّة. وقد تكونُ الحُبَيْباتُ مُدَوَّرةً ومُتآكِلةً، أو مُزَوَّاةً ومُكَسَّرةً؛ كما قد تكونُ سائبةً غيْرَ مُتدمِّجةٍ أو مَضْغوطةً معًا أو مُسَمْنَتةً بموادَّ مُذابةٍ في المياهِ الجَوفيَّة، كالكالْسَيْت والسِّليكا أو أُكسيد الحديد. إنَّ ما يزيدُ على 75% من مُجْمَلِ الصُّخورِ الرُّسوبيَّةِ هو صخورٌ فُتاتيَّة.



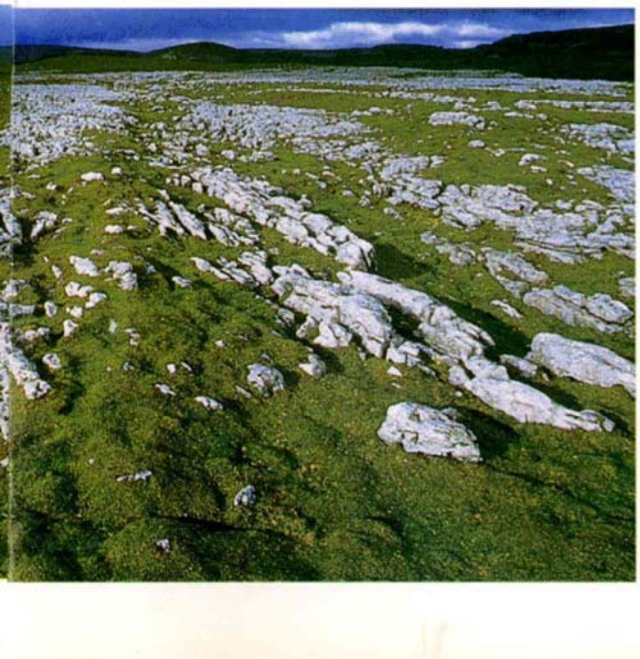
يتكَوَّنُ الطُّفالُ الغَضاريُّ الطَّريُّ عندَ تَفَتُّتِ الصُّخورِ إلى جُسَيْماتٍ وترَسُّبِها بفِعْلِ الرِّياحِ والمياهِ والمَثالِج.

الرواسبُ الكيماويَّةُ تتكَوَّنُ نَتيجةً للعمليَّاتِ الطبيعيَّة والكيماويَّة. وهي قد تَترَسَّبُ من محاليلَ في مياهِ البَحْرِ كما هي الحالُ في الصُّخورِ الصَّوانيَّة الظِّرَّانيَّة - وهي أشكالٌ سِليكاتيَّةٌ شَبيهةٌ كيماويًّا بالكوارتز. وقد تتكوَّنُ عندَ تَبَخُّرِ مياهِ البُحَيْراتِ المالِحةِ أو البِحار الضَّحْلة - كما هي الحالُ في الجِبْسِ والمِلْحِ الصَّخْريّ. وقد تتكوَّنُ أيضًا بالتَّصْويل (غَسْلِ التُّربة) حيثُ تُذيبُها المياهُ الجَوفيَّةُ ثُمَّ تُعيدُ تَرْسيبَها - كما هي الحالُ في البوكْسَيْت.

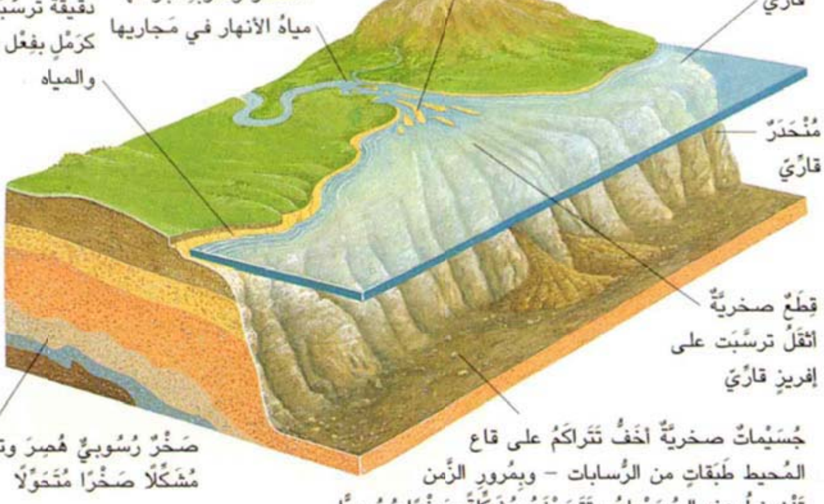
الحَجَرُ الجيريُّ (الكِلْسيُّ) قد يتكَوَّنُ من التَّرسُّبِ الكيماويِّ لِكَرْبوناتِ الكالْسيُوم، أو قد يكون أحيائيَّ المَنْشأ - يتألَّفُ من هياكلِ ملايينِ المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّة، كما هي الحالُ في الصُّخورِ الطباشيريَّة. وتَشْمَلُ الرواسِبُ الأحيائيَّةُ (العُضْويَّة) المَنْشأ الوُقُدَ الأُحفوريَّةَ - كالفَحْم، الذي هو بَقايا نباتاتٍ مُنْضَغِطة، والنِّفْطِ المُتكَوِّنِ، بفِعْلِ البَكتِريا من موادَّ عُضْويَّةٍ مَطْمورة.

عمليَّةُ التَّجْوِيَة

التَّجْوِيَةُ عمليَّةٌ مُعَقَّدةٌ - بواسِطَتِها تَتفَتَّتُ الصُّخورُ إلى رُسابات. التجويَةُ الكيماويَّةُ تَحْدُثُ من تعَرُّضِ الصُّخورِ لِفِعْلِ المياهِ وثاني أُكسيد الكربون والحوامضِ العُضْويَّة؛ ويَتَسَرَّعُ هذا الفِعْلُ في درَجاتِ الحرارة الأسْخَن. أمَّا التجوِيَةُ الطبيعيَّةُ فتَحْدُثُ بتَشقُّقِ الصُّخورِ وتَفلُّقِها - مثلًا بفِعْلِ تجَمُّدِ المياه وتَسَيُّلِها التكراريّ.



▼ هذا المَنْظرُ الطبيعيُّ المُتخَيَّلُ يُصَوِّرُ بعضَ الظُّروفِ التي تتكَوَّنُ فيها طبقاتُ الصخورِ الرُّسوبيَّةِ في الأرض.



فالمياهُ التي تَتسَرَّبُ في شُقوقِ الصَّخرِ نَهارًا في درَجاتِ الحرارة الأسخَنِ تتجمَّدُ ويَزْدادُ حَجْمُها (بعمليَّةِ التجمُّد) لَيْلًا. وبتَكْراريَّةِ ذلك تَمَدُّدًا وتقَلُّصًا يَتشَظَّى الصَّخْر.

نَقْلُ الرُّسابات

مُعْظَمُ الرُّساباتِ التي تُكَوِّنُ الصخورَ تَنْقُلُها الأنهار. فمَثلًا يُقَدَّرُ ما ينقُله نَهرُ المِسيسيبي من الرُّسابات إلى خليج المكسيك بحوالى 180 مِليون طُنٍّ سَنويًّا. بعضُ الرُّساباتِ يَسْتَقِرُّ في قاعِ النَّهر بينما يترسَّبُ بَعضٌ آخَرُ منها عندَ مَصَبِّه، مُكَوِّنًا ما يُعْرَفُ بدِلْتا النَّهر – فيما يُحْمَلُ قدرٌ أكبرُ من الرُّسابات إلى قاعِ المُحيط.

كذلك يُمكِنُ انْتِقالُ التَّرسُّباتِ بواسطةِ الرِّياح والمَثالِج. وفي كُلِّ عمليَّةِ نَقْلٍ يَجْري تَصْنيفُ الرُّساباتِ وفَرْزُها حَسَبَ الحَجْمِ في عمليَّةٍ تُسَمَّى التَّمايُزَ الرُّسوبيَّ. فالرُّساباتُ الغَليظةُ العَسيرةُ التحريك تُنْقَلُ فقط في الانْدِفاقاتِ السَّريعةِ العاليةِ الطاقة. لكِنْ يُمكِنُ نَقْلُ الأطيانِ الدَّقيقةِ الحُبَيْباتِ عَبْرَ عِدَّةِ مئاتِ الكيلومترات أو يُمكِنُ ترسُّبُها في مياهٍ هادئةٍ كما في البُحَيْراتِ الضَّحْلةِ والبِحارِ العَميقة.

تَسْجيلُ تاريخِ الأرض

أكثَرُ من بليون سنةٍ من تاريخ الأرض مُسَجَّلٌ في طَبَقاتِ الصُّخورِ الرُّسوبيَّة. ففي الإفجيج العظيم (الجراند كانيُون) في أريزونا، هنالكَ تَعاقُبٌ رائعُ المَنْظرِ لِطبقاتٍ أُفُقيَّةٍ من هذه الصخور يَبْلُغُ عُمْقُها 1500 م، ويُقارِبُ عُمْرُها عِدَّةَ ملايين مِن السِّنين. والأحافيرُ ضِمْنَ هذه الطبقاتِ الجيُولوجيَّةِ تُسَجِّلُ تَنشُّوَ أشكالٍ مُخْتلِفةٍ من الكائناتِ الحيَّةِ وتطَوُّرَها – بَدْءًا من المَرْجانيَّاتِ والدِّيدانِ الأولى حتَّى الأسماكِ والدَّينوصورات واللَّبُونات. كذلك فإنَّ أنماطَ الصَّخرِ تكشِفُ الظُّروفَ والأحوالَ في عُصورِ تكوُّنِ تلكَ الصُّخور. فَجلاميدُ الحَصباويَّاتِ الخَشِنةُ المُدوَّرةُ المَعْروفةُ بالقَضَّةِ (الرَّصيص) تُسَجِّلُ مَجاريَ نهريَّةً عاليةَ الطاقة سَريعةَ الحَركة. وتُبَيِّنُ الحِجارةُ الرَّمْليَّةُ دِلْتاواتٍ وشواطِئَ مُحيطيَّةً؛ والحِجارةُ الطينيَّةُ تُبَيِّنُ مِياهًا بَطيئةً ثقيلةَ الحَركة. أمَّا الحِجارةُ الجيريَّةُ فتُنْبِئُ بأنَّ هذه الصخورَ تَرسَّبَتْ في بِحارٍ دافئةٍ ضَحْلةٍ تَزْخَرُ بالكائنات الحَيَّة.

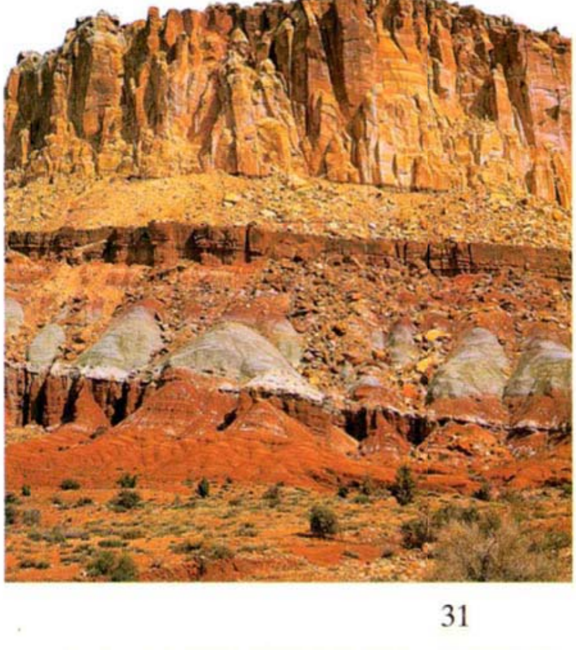
إنَّ تَحديدَ الترابُطِ والعَلاقاتِ بين التَّرسُّباتِ الحاليَّةِ من أماكِنَ مُخْتلِفةٍ يَنطوي على جُهْدٍ بالغٍ وبَحْثٍ دَؤُوبٍ في مُقارنةِ الأحافيرِ الصخريَّة وتَقْريرِ قِيَمٍ تقديريَّةٍ تأريخيَّةٍ لِمَعالِمَ دليليَّةٍ ماثِلةِ الأثر – كاندِفاقاتِ اللَّابة. وبِمثْلِ هذه الأبحاثِ تمكَّنَ الجيُولوجيُّون من لَفْقِ ترابُطِ الأحداثِ التاريخيَّةِ لِنَشْأةِ وتَطوُّرِ اليابسةِ والبِحارِ والحياةِ نَفْسِها.



ألوانٌ مُخْتلِفةٌ من صَخْرٍ رَمْليٍّ تآكَلَ ومَلِسَ بالحَتِّ المَثْلَجيِّ مُشَكِّلًا نَسَقًا جَذَّابًا من الخُطوطِ في السُّفوحِ المَلْساءِ للتِّلالِ في مِنْطقةِ پاريا البَرِّيَّة، بأريزونا. التقَوُّساتُ في الصُّخور تَنشَّأتْ بفِعْلِ الرِّياحِ والمياه.



يَتواجَدُ الحجَرُ الرَّمْليُّ غالبًا في طَبَقاتٍ بُنِّيَّةٍ سَمراءَ أو وَرْديَّةٍ أو حَمْراء. ويعودُ التلَوُّنُ المُخْتلِفُ إلى كمِّيَّاتٍ مُتَفاوِتةٍ من أكاسيدِ الحَديد التي تَرْبِطُ الرُّساباتِ معًا.



◄ المُحْتَوى المَعْدِنيُّ للحَجَرِ الرَّمْليِّ يُحَدِّدُ لَونَه الأحمرَ أو الأصفَر. أمَّا الصخْرُ الرُّسوبيُّ الرَّماديُّ في أماميَّةِ هذه الصُّورة فيُدعَى الجَرْوَقَ ويَرْجِعُ تاريخُه إلى العَصْرِ الثُّلاثيِّ الأخير – منْذُ 210 ملايين سنةٍ تقريبًا.

◄ طَبَقاتٌ من الصُّخورِ الرُّسوبيَّةِ في واجِهةٍ جُرُفيَّةٍ من مُتَنَزَّه زَيُون القَوميّ، في ولايةِ يُوتا، يَرْجِعُ تاريخُها إلى العَصْرِ الثُّلاثيّ. الطبقاتُ الحمراءُ والصَّفراءُ هي رُساباتٌ من الحجَرِ الرَّمْليِّ والطبقةُ الرَّماديةُ هي قُرارةٌ جَرْوَقيَّةٌ – من كُساراتِ الصَّخْرِ تكَوَّنَت نَتيجةَ انْزِلاقاتٍ أرضيَّةٍ تحت مائيَّة.



◄ يتألَّفُ الحجَرُ الجيريُّ من كَرْبوناتِ الكالْسيُوم، ويتَنَشَّأُ عادةً كرُسابةٍ من هياكلِ الحيَواناتِ البَحْريَّةِ على قاعِ البَحْر. المَطَرُ الحامضيُّ يُذيبُ الحجَرَ الجيريَّ مُنْتِجًا بِنْيةً رَصيفيَّةً مَثيلةً لهذه البِنْيةِ (إلى اليَسار) القريبةِ من السَّاحلِ في إنكلترا.

أنْظُر أيضًا

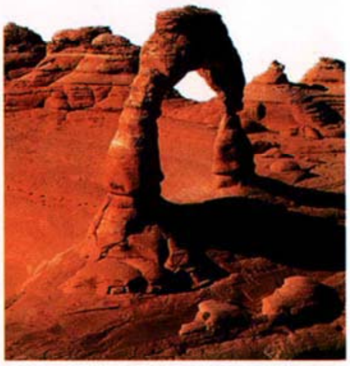
الأحافيرُ والأزْمِنةُ الجيُولوجيَّة ص 4 – 5

التَّعْريةُ والتَّجْويَة ص 32 – 33

المُناخ ص 36 – 37

التَّعْرِيَة والتَّجْوِيَة

عواملُ التَّعْرِيَةِ والتَّجْوِيَةِ أساسيَّةٌ في دَورةِ الصَّخْر. فعمليَّاتُ التَّعريةِ والتَّجْويةِ الكثيرةُ تَتَضافَرُ بشتَّى السُّبُل في تَفْتيت الصُّخور، مُحوِّلةً إيّاها إلى تُرابٍ وغُبارٍ ومُخَلِّفةً كُتَلًا صلْدةً وأودِيةً وسُهولًا ومَعالِمَ طبيعيَّةً رائعةَ المَنْظَر.



هذه القَنْطرةُ القَوْسيَّةُ في صحراء يُوتا بالولاياتِ المتّحدة الأمريكيَّة تكوَّنَت بفِعْل حَتِّ الرِّمال التي تَذروها الرِّياح.



القناطِرُ القَوْسيَّةُ البَحْريَّةُ هذه تكوَّنَت بِفِعْل الحَتِّ السَّاحليِّ. فقد حَتَّ نَكْثُ الأمواجِ مَغارةً في رأسِ البَرِّ أوَّلًا، ثُمَّ نَحتَ الصَّخْرَ الألْيَنَ الأكثرَ مَساميَّةً مُكَوِّنًا القَنْطرةَ القَوْسيَّة.

يحتَفِظُ سطحُ قَمَرِ الأرض بمَعالِمَ نتجَت من قَصْفِ الكُوَيْكبات له منذُ ما يَقْرُبُ من أربعةِ بَلايين سَنة. في المُقابل فإنَّ مَعالِمَ سطحِ الأرض قَلَّما تَحْوي بَقايا عُمْرِها أكثرُ من مِليون سَنة وصُخورًا يزيدُ عُمْرُها على البِليون سَنة. ويَعودُ هذا الفَرْقُ إلى كَوْنِ الأرضِ مُحاطةً بغِلافٍ جَوِّيٍّ وتَحْوي كمِّيَّاتٍ وَفيرةً من الماء – والماءُ والهواءُ كلاهما بالِغُ الأثَر في عمليَّات التَّعْرِيَةِ والتَّجْوِيَةِ المُتعدِّدة.

دَورةُ الماءِ في الطبيعة

الأرضُ كوكَبٌ فريدٌ بينَ كواكبِ المَنْظومةِ الشمسيَّة في احتِوائه الماءَ في حالاتِه الثلاث – سائلًا وبُخارًا وجَليدًا. والماءُ دائمُ التحَوُّلِ من شَكْلٍ إلى آخرَ عَبْرَ دَورتِه في الطبيعة. فالطاقةُ الشمسيَّةُ تُبَخِّرُ الماءَ من المُحيطاتِ والبُحَيْرات إلى الجَوِّ حيثُ يُكَوِّنُ بُخارًا وسُحُبًا، ثُمَّ يَتساقَطُ مَطَرًا أو ثَلْجًا عائدًا إلى سَطْحِ الأرض. دَورةُ التحَوُّلِ هذه هي مَصْدَرُ قُوَى الحَتِّ والتَّعريَةِ والتَّجْوِيَةِ في سَطْحِ الأرض.

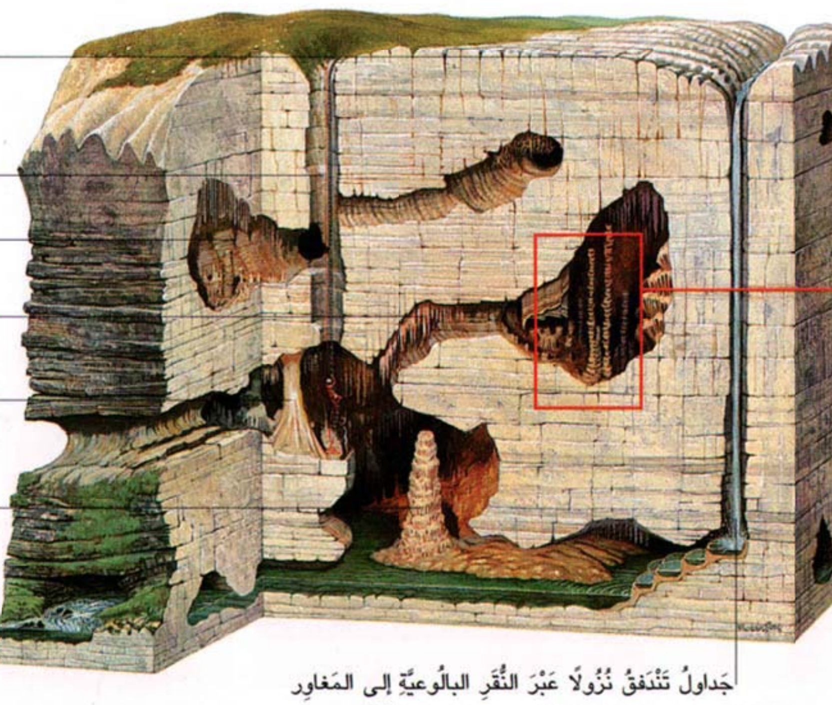
يُفَتِّتُ الماءُ الصَّخْرَ بطرائقَ عديدةٍ. فمِياهُ المَطر القليلةُ الحُموضة تَسْتطيعُ إذابةَ بعضِ الصُّخور. كذلك فإنَّ الماءَ قادِرٌ على اختِراقِ أدَقِّ الشُّقوقِ فيها. وعندَ تجَمُّد هذا الماء فإنَّ تَمَدُّدَه في عمليَّةِ التجَمُّد يَعمل على فَلْقِ الصَّخر وتَوسيعِ شُقوقه. وتقومُ المياهُ الجارِيةُ بِجَرْفِ الرِّمال والتُّرْبَة. والجداولُ الجَبَليَّةُ السريعةُ الانْدِفاقِ قادِرةٌ على مَزْقِ الصُّخورِ والجَلاميد ودَكِّ بَعْضِها معًا لِتَصيرَ حَصًى وحُبَيْباتٍ رَمْليَّةً وطُفالًا. كما إنَّ الفَيَضاناتِ تَجْتاحُ وتُدَمِّر، من حينٍ لآخر، مناطِقَ شاسِعةً من الأرض، وقد تُغَيِّرُ مَعالِمَها.

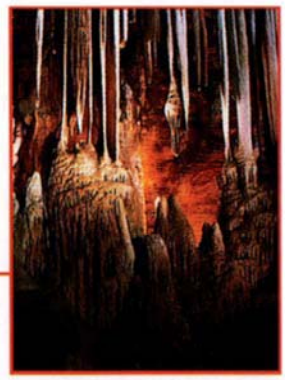
التَّجْوِيَةُ بالرِّياح

يَتَجَوَّى سَطْحُ الأرضِ اليابِسُ بِقُوًى وعَوامِلَ مُخْتلِفةٍ أُخرى؛ والرِّياحُ إحدى تلك القُوى الفائقةِ القُدْرة. تَذْرو الرِّياحُ الصحراويَّةُ الرِّمالَ وتَسْفَعُ بها الصُّخورَ الضَّخمةَ فتسحَتُ أجزاءَها السُّفليَّةَ جاعلةً مِنها صخورًا مُعَنَّقةً كفُطْرِ عَيشِ الغُراب أو قناطِرَ قَوسيَّةً رائعةَ المَنْظر. وعندما تَخْفُت سرعةُ هذه الرِّياح فإنَّها تُسْقِطُ بَعْضًا من حُمولتِها الرَّمليَّة، مُكَوِّنةً كُثْبانًا هِلاليَّةً ضَخمةً تَنْتَقِلُ بِبُطءٍ في اتِّجاه هُبوبِ الرِّياح غامِرةً أراضيَ زراعيَّةً خِصْبة – فتُضيفُ إلى عواملِ التصَحُّر عاملًا آخرَ مُهِمًّا.

تكَوُّنُ التُّرْبة

التُّرْبَةُ ضَروريَّةٌ لِمُختلِف أشكالِ الحياة على اليابسةِ. فالنَّباتاتُ تعتَمِدُ عليها لِتَنْمُو. والتُّرْبةُ تتكَوَّنُ نَتيجةً للتَّفاعلات المُعَقَّدة البَطيئةِ المُتداخِلة – كالتَّفَتُّتِ الطبيعيِّ لِلصُّخور والتَّجويَةِ الكيماويَّةِ وتأثيرِ الجُذورِ النباتيَّةِ والمُتعَضِّياتِ الصُّغْريَّة. ومَعلومٌ أنَّ الصُّخورَ المُختلِفةَ والمُناخاتِ المتبايِنةَ تُنْتِجُ تُرَبًا مُخْتلِفةً. ففي المناطقِ المُعْتَدِلة، قد يَجْرُف تَساقُطُ المَطَر على مَدَى السَّنة كيماويَّاتٍ، كهِدْروكسيد الحديد، من التُّرْبةِ السَّطْحيَّة، مُخَلِّفًا تُرْبةً بُدْزوليَّةً فقيرةً رَماديَّةَ أو بُنِّيَّةَ اللَّوْن. وفي المناطِقِ المَداريَّةِ، فإنَّ تَساقُطَ المَطر الغزيرَ،





▲ عندما تَتبَخَّرُ مياهُ المَغاوِر الغَنيَّةُ بالمَعادِن، فإنَّها تُرَسِّبُ الكالْسَيْت كهَوابِطَ وصَواعِدَ وأعمدةٍ.

◄ ماءُ المَطرِ الحَمْضِيُّ يُذيبُ الصَّخْرَ الكِلْسيَّ مُكَوِّنًا مَعالِمَ رائعةَ المَنْظر في المَنْظوماتِ الكَهْفيَّة.



النَّهرُ المُنْدَفِقُ عَبْرَ شَفا طَبَقةٍ من الصَّخر الصُّلد يُكوِّنُ شَلَّالًا، والمثالُ الأشهَرُ على ذلك هو شلَّالاتُ نِياغارا (أعلاه). فبدَلًا من أنْ يَنْسَحِتَ الصَّخْرُ ويتآكَلُ تدريجيًّا لِتَعْميقِ مَجرى النهر، فإنَّه يَتَقَصَّفُ قِطعًا تَكْبُر أو تَصْغُر، وتَسْقُطُ مندفعةً معَ الماءِ المُنْدفِق – فيَبْقى الشَّلَّالُ ويتقَدَّمُ في مَجرى النَّهْرِ صُعُدًا.

إضافةً إلى مُسْتَوياتِ التبَخُّر العالية، والسُّبُلَ التي تعمَلُ بها النَّباتاتُ على امْتِصاصِ الماءِ عَبْرَ جُذورِها، تُرَكِّزُ الحديدَ والألومنيُوم عندَ السَّطح مُنْتِجةً تُربةً لَبراتِيَّةً حَمْراءَ. وفي السُّهوبِ المُعْشِبةِ المُعْتدِلةِ، يَمْتَصُّ العُشبُ المُغَذِّياتِ من الأرض مُخلِّفًا تُرْبَةً سوداءَ شِرنوزُمِيَّة دُباليَّةَ الأُفُقِ السَّطحيّ. وبِزَوالِ النَّبتِ تتعَرَّضُ التُّربةُ لِلانْجرافِ أو التَّذْرِيةِ مُخَلِّفةً البِطاحَ جَدْباءَ جَرْداءَ.

آثارُ الحَتِّ والتَّعْرِيَة

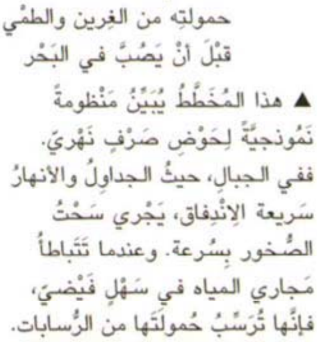
النَّهْرُ الجاري عَبْرَ التِّلالِ والجبالِ يَشُقُّ له عَبْرَ الطبقاتِ الصَّخْرِيَّةِ مَجْرًى مُتَمَعِّجًا نُونيًّا (بِشَكْلِ حَرفِ النُّون) ذا عِدَّةِ رَوافِد. وحيثُ يَلْتقي النَّهرُ بطَبقةٍ صَخْرِيَّةٍ صَلْدةٍ، فإنَّه يَنْدَفِقُ بِمُحاذاةِ تلك الطبقةِ حتَّى يَجِدَ له مَمَرًّا عَبْرَها، إمّا كشلَّالٍ أو عَبْرَ خانِقٍ (وادٍ عَميقٍ ضيِّق). وإذا كانَ سَفْحُ التلِّ حادًّا والجُرُفُ الصَّخْرِيُّ مَكْشوفًا، فقد تتراكَمُ الصُّخورُ السَّاقِطةُ عند نِهايةِ المُنْحَدر لِتُشَكِّلَ كُومةً من الشَّقَفِ الصَّخرِيَّةِ تُعرَفُ بِرُكامِ السَّفْح. هذا الرُّكامُ يجعَلُ المُنْحَدَرَ أقَلَّ حِدَّةً ويَقِي الجُرُفَ من الحَتِّ الإضافيّ. وإذا كانت صُخورُ المُنْحَدَرِ الحادِّ لَيِّنَةً أو تُرابيَّةً فغالِبًا ما تَحْدُثُ انْزِلاقاتٌ أرضيَّة. وإذا ما وُجِدَت طبَقةٌ طُفاليَّةٌ كَتيمةٌ، فقد تَتراكَمُ مياهُ الأمطارِ الغزيرةِ فوقَها وتُزَلِّقُ الصخُورَ الفَوقيَّةَ نَحو قاعِ المُنْحدَر. وهذا النَّمَطُ من الحَتِّ والسَّحتِ شائعٌ على امْتِدادِ الجُرُفِ البَحْرِيَّة. وتَزيدُ عوامِلُ الجاذبيَّة وتساقُطِ المَطَر، وحتَّى دَوسِ الحيواناتِ من تأثيرِ هذه التَّعْرِيَة.

إنَّ كمِّيَّةَ المَوادِّ المُنحَتَّة التي يُمكِنُ للنَّهْرِ حَمْلُها تعتَمِدُ على سُرعةِ انْدِفاقِه. فحيثُ تقِلُّ حِدَّةُ المُنْحدَرِ، ويَنْفَتِحُ الوادي على سَهْلٍ فَيْضيٍّ، تَتباطأُ سُرعةُ النَّهْرِ ولا يَعودُ قادِرًا على حَمْلِ ذاتِ القَدْرِ مِن الرُّسابات؛ فتَتَرسَّبُ الجُسَيْماتُ الأكبَرُ رِمالًا وحَصًى. والنَّهرُ البَطيءُ الحَرَكةِ يُرَسِّبُ مَزيدًا من الرُّساباتِ طينًا على طُول ضِفَّتَيْه، فتَرتَفِعُ ضِفَّتاه بِبُطءٍ نَتيجةً لذلك. وإذا تراكمَتِ الرُّساباتُ على قاعِ النَّهرِ أيضًا، فقد تَتَسبَّبُ الترسُّباتُ على مَدَى آلافِ السِّنين بارْتفاعِ كامِلِ المَنْظومةِ النَّهْرِيَّة فوقَ سَهْلِها الفَيْضيّ. وفي حالِ اكتسَحَت مياهُ الفيضِ هذه المَنْظُومةَ فَسيفيضُ السَّهْلُ بكامِله مُدَمِّرًا مَعالِمَ البِيئة والمَنْظَرَ الطبيعيَّ العامّ. لكِنَّ عمليَّةَ الفَيَضان، على المَدى الطويل بالغَةُ الإفادة لأنَّها تَرْكُمُ على السَّطح طَبَقةً جَديدةً من التُّرْبةِ الخِصْبة.

تَنْدَفِقُ المياهُ في أجزاءِ النَّهر المُختلِفةِ بِسُرعاتٍ مُتَفاوِتة. فحَوْلَ مُنعَطَفِ المَجرى، تَنْسابُ المياهُ في الجانِبِ الداخليِّ بِبُطءٍ أكثرَ منها في الجانبِ الخارجيِّ منه. ونَتيجةً لذلك، تَترسَّبُ الرُّساباتُ على الجانب الداخليِّ ويَنْسَحِتُ الجانبُ الخارجيّ. وهذا يُؤدِّي إلى زيادةِ انْعطافِ النَّهر بحيثُ يَتمعَّجُ يَمينًا ويَسارًا عَبْرَ السَّهْلِ الفَيْضيّ. وتَتَعاظَمُ العَطفةُ أحيانًا حتَّى تَنْفصِلَ عن المَجْرى الرئيسيّ كبُحَيْرةٍ قَوسيَّةٍ من المياهِ الرَّاكِدة.



▲ هذا المُخَطَّطُ يُبَيِّنُ مَنْظُومةً نَمُوذجيَّةً لِحَوْضِ صَرْفٍ نَهْريّ. ففي الجبالِ، حيثُ الجداولُ والأنهارُ سَريعةُ الانْدِفاق، يَجْري سَحْتُ الصُّخور بِسُرعة. وعندما تَتَباطأُ مَجاري المياه في سَهْلٍ فَيْضيّ، فإنَّها تُرَسِّبُ حُمولَتَها من الرُّسابات.



تدُكُّ أمواجُ البِحارِ والمُحيطاتِ المَناطِقَ الساحليَّةَ باستِمْرار. وحيثُ تَضْرِبُ الأمواجُ السَّاحِلَ بزاويةٍ مُعيَّنة، يَحْدُثُ تيَّارٌ على امْتِدادِ الشاطئ. وهذه العمليَّةُ تَنْقُلُ الرِّمالَ على طُولِ الشاطئ باتِّجاهِ التيَّارِ البَحْرِيّ.

انْظُر أيضًا

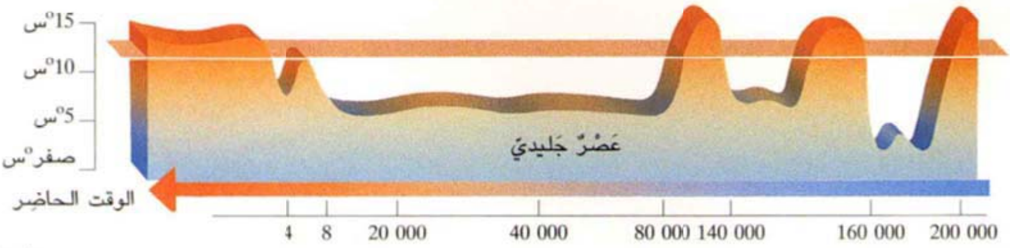
النَّبات – عَرضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401
نُطُقُ الفِعْل البيئيّ ص 436 – 437

المَثالِجُ والأَغْطِيةُ الجَليديَّة

يُغَطِّي الجَليدُ حوالى 10% من سَطْحِ الأرض. وهو، كَمَثالِجَ، قد يَعْمَلُ على نَحْتِ الأَوديةِ العظيمة ونَقْلِ الأَنْقاضِ والرُّكامِ عَبْرَ مِئاتِ الكيلومتْرات.



مَدى الأَغْطِيةِ الجليديَّة في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليِّ خِلالَ العَصْرِ الجليديِّ الأخير



رَسْمٌ بيانيٌّ لِمُعدَّل دَرجاتِ الحرارة على النِّطاقِ العالميِّ بدَرَجات سِلْسيُوس في تمُّوز (يوليو)، على مَدى الـ 200 000 سنة الماضية، يُبَيِّنُ أنَّ الأجواءَ أدفأُ بشَكْلٍ مَلْحوظٍ في الوقتِ الحاضِر.

كان سُمْكُ القَلَنْسُوةِ الجليديَّةِ فوقَ اسكندناڤية خِلالَ العَصْرِ الجليديِّ الأخير أكثَرَ من 3000 متر. ولقد بدأ تكوُّنُ السِّلْسلةِ الأحدث من العُصورِ الجليديَّة منذُ حوالى 3,5 مليون سَنة؛ والعُلماءُ في شَكٍّ حَوْلَ ما إذا كانت قد بلَغت بَعْدُ نِهايَتَها.

كان الجليدُ في ما مَضى يُغَطِّي مِساحاتٍ شاسِعةً من كوكَبِنا، وهو حاليًّا قد تراجَعَ نحو القُطْبَيْنِ والمناطقِ الجبَليَّةِ الأعلى. لكِنَّ المعالِمَ والمَظاهِرَ الطبيعيَّةَ التي نحَتَها لا تزالُ باقيةً. ورُغْمَ أنَّ الجليدَ جامِدٌ فإنَّه، تحتَ الضَّغْط، يَنْسابُ كما تَنْسابُ الصخورُ في طبقةِ الدِّثارِ الأرضيِّ – والبِنْيَةُ العامَّةُ في كِلا الحالَيْن شبيهَةٌ جدًّا. فمع تراصِّ الثلجِ وتَدَمُّجِه يُطْرَدُ منه الهواءُ ويَتحَوَّلُ الثلجُ الأبيَضُ الهَشُّ إلى مادَّةٍ بلَّوريَّةٍ زَرْقاءَ تَحوي بلَّوراتٍ جليديَّةً لا مَعدِنيَّة. وهذه البلَّوراتُ يُزَلِّقُها غِشاءٌ مِجْهَريٌّ الرِّقَّةِ من الماء، يَظَلُّ سائلًا بفَضْلِ الأملاحِ المُذابةِ فيه. والجَليدُ المُنسابُ قادِرٌ على تحويلِ مَعالِمِ وطَبيعةِ الأرض حيثُ يتواجَدُ.

حَركةُ الجَليد عَبْرَ اليابِسة

يَشْغَلُ الجَليدُ حَجْمًا أكبَرَ من حَجْمِ الماءِ الذي يُكَوِّنُه. فعندما يَتَسرَّبُ الماءُ في الشُّقوقِ الصَّخْريَّةِ ويَتجَمَّدُ يَزْدادُ حَجْمُه فَيُشَظِّي الصخورَ والجَلاميد. أمّا الأغطيةُ الثلجيَّةُ التي تَلُفُّ الجبالَ فقد تَتراكَمُ وتَنْهالُ هَياراتٍ ثلجيَّةً أو تَتراصُّ وتَنْدَكُّ جليدًا لا يَلْبَثُ أن يغدوَ مَثالِجَ مُتحَرِّكة. وفي



هَنْدسةُ المَناظِرِ الطبيعيَّة بالجَليد

الثَّلْجُ المُدَمَّجُ المُتَراصُّ جَليدًا في أعالي الجبالِ يَبْدأُ بالتحَرُّكِ، مُخَلِّفًا حَلْبَةً جَليديَّةً (وَهْدةً جَوفاءَ أشبَهَ بكُرسيِّ الإستراحة) عندَ رأسِ الوادي. وتُخَلِّفُ الحَلَباتُ الجليديَّةُ المُتقافِيَةُ (المُتَّصِلةُ بالقَفا) ذُرًى هَرميَّةً مُثَلَّمة. ومع ابتعادِ المَثْلَجةِ أو انْحِناءِ السَّطْحِ تَتفَتَّحُ في الجليدِ صُدوعٌ وأخاديد. وتَتراكَمُ الأنقاضُ الصخريَّةُ رُكاماتٍ جانبيَّةً على الجَليد. ومع تحرُّكِ المَثْلَجةِ نُزولًا نحوَ الحَضيضِ تَزيدُ القاعدةُ الجليديَّةُ من تَعمُّقِ الوادي فتَبْدو المَثْلَجةُ كأنَّها تتحَرَّكُ صُعُدًا. وحيثُ تهبطُ المَثْلَجةُ مُنْحَدرًا حادًّا فإنَّها تُكَوِّنُ مساقِطَ شَلَّاليَّةً جليديَّةً مُصَدَّعةً مُفَرَّضة. وتَنْتَهي المَثْلَجةُ بِخَطْمٍ يَؤُولُ عِنْدَه الجَليدُ إلى الإنْصِهار.

بُحَيْراتٌ تُحْدِثُها المَثالِجُ أحيانًا في حَلَباتٍ جليديَّة أشبَهَ بِكَراسي الإسْتِراحة ذاتِ المَسانِد



◄ كُتَلٌ جليديَّةٌ مُتحَرِّكةٌ، (تُسَمَّى مَثالِجَ، تُخَلِّفُ في مَسارِها أوديةً نُونيَّةً مُتَميِّزةً تختلِفُ جِدًّا عن أودية الأنهارِ المُثَلَّثيَّةِ المَقْطع (بشكل الرقم 7). هذا الوادي في سويسرا كان مُثَلَّثيَّ المَقْطعِ حتّى العَصْرِ الجليديِّ الأخير، حينَ عَمَّقَتْهُ مَثْلَجةٌ إلى وادٍ نُونيّ.

المناطقِ الشَّديدةِ البُرودة، يُغَطّي الجليدُ الأرضَ ومعالِمَها بغِطاءٍ جليديٍّ قد يَبْلُغُ سُمْكُه آلافَ الأَمتار. وقد يَتواجَدُ بداخِلِه جداولُ جليديَّةٌ أَسْرَعُ انْسِيابًا بِسبَبِ انهيارِ الطبقاتِ الأرضيَّة تحتَها أو لِتَزْليقِها بالطينِ أو لِتسَخُّنِها بالأنشِطةِ البُركانيَّة (كما في بعض أجزاءِ القارَّةِ القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة).

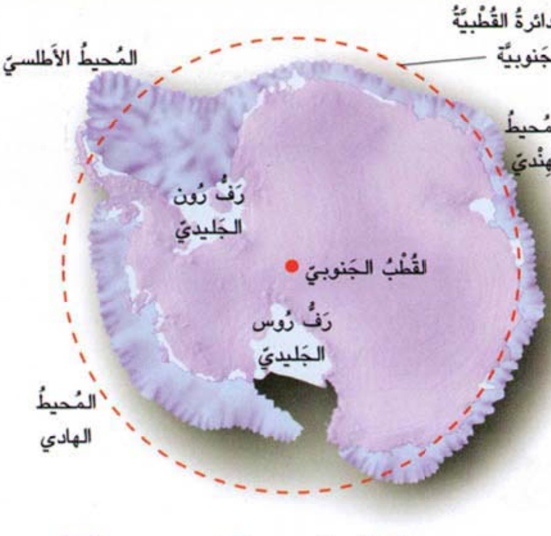
وعندَ تَرقُّقِ الغِطاءِ الجليديِّ فقد يَتفرَّقُ حولَ القِمَمِ الصَّخْريَّةِ كمَثالِجَ وِديانيَّةٍ تعودُ إلى التَّضامِّ مُجَدَّدًا في الجانبِ الآخرِ كمَثالِجَ سَفْحيَّة.

قد تكونُ سُرعةُ انْسيابِ المَثْلجةِ بطيئةً جدًّا – من بِضْعَةِ أمتارٍ إلى بِضْعةِ مئاتِ الأمتارِ في السَّنة. ولاستِدامةِ الانسيابِ حتّى كجَدْولٍ جَبليٍّ صَغير، يَنْبغي أنْ تملأَ المَثْلَجةُ الواديَ بكامِلِه. وأثناءَ تحَرُّكِها تطحَنُ المَثْلَجةُ الصُّخورَ الصغيرةَ إلى سَحيقٍ دَقيق. كذلك تَترُكُ الجلاميدُ المُنْطَمِرةُ بداخِلِها خُدوشًا عميقةً في جوانبِ الأوديةِ التُّونيَّة تُسَمَّى حُزوزًا مَثْلَجيَّة. وفي بعضِ الأوديةِ المَثْلَجيَّةِ يَحفِرُ الجليدُ في الأرض تحتَه حُفرًا عميقةً واسعةً تَغدو بُحَيْراتٍ عندَ تراجُعِ الجليد.

ومع تقَدُّمِ الجليد، تَتراكَمُ طبقةٌ سَميكةٌ من الطُّفَالِ الدقيق تحتَ المَثْلَجة. وقد يكونُ الضَّغْطُ كافِيًا لإبقاءِ الماءِ سائلًا يُزلِّقُ قاعدةَ المَثْلَجةِ ويُخَلِّفُ أكوامًا من الطُّفال تُعرَفُ بالكُثبان الجليديَّة. عندَ خَطْمِ المَثْلجةِ يَترسَّبُ ما تَبَقَّى من الرُّسابات والصُّخورِ كرُكامٍ جَليديٍّ انْتِهائيّ. وغالبًا ما تتخَلَّفُ كُتْلةٌ جليديَّةٌ تَنْصَهِرُ لاحِقًا لِتُكَوِّنَ بِركةً عَميقةً أو حُفْرةً قِدْريَّةَ الشَّكل.

العُصورُ الجَليديَّة

الجيولوجيُّون في شَكٍّ حوْلَ الأَسْبابِ التي تُؤدِّي إلى حُلولِ عَصْرٍ جَليديّ. لكِنْ يَبْدو أنَّ الدَّوراتِ الطويلةَ المدَى لمَيَلانِ مِحْورِ الأرض، المُسَمَّاة الدَّوراتِ الميلانْكُوفيتْشِيَّة، لها علاقةٌ بذلك. كما إنَّ التقَلُّباتِ في مُسْتوياتِ ثاني أكسيد الكربون في الجَوِّ قد يكون لها دَوْرٌ في الموضوع. والمَعلومُ أنَّ التَّغيُّرَ يَكُونُ سَريعًا عندَ بَدْءِ تقَدُّمِ الجليد. وتعليلُ ذلك أنَّ الثلجَ والجَليدَ بِبَياضِهما يَعكِسانِ مَزيدًا من شَعِّ الشَّمْس إلى الفَضاءِ فيَزيدُ ذلك من بُرودةِ كوكب الأرض. وقد تَوصَّل العلماءُ من دراساتِهم إلى أنَّ درجاتِ الحرارة العالميَّةَ يَبْدو أنَّها تَتقَلَّبُ بينَ حالَين مُستقِرَّتَيْن نِسْبيًّا. وأنَّ ذلك التقلُّبَ قد حدثَ حوالى 35 مَرَّةً في تاريخ الأرض. والدليلُ الأوَّلُ الواضح على حُدوثِ عَصْرٍ جليديّ يَعودُ إلى عُصورٍ ما قَبْل الكَمْبريّ قبلَ أربعةِ بلايينَ سَنةٍ تقريبًا. أمَّا أحدَثُ عَصْرٍ جَليديٍّ فقد بدأَ منذُ حوالى 3,25 مليون سنة؛ ولعَلَّه لا يَزالُ مُستَمِرًّا رُغْمَ المُناخ الحاليّ المُعْتَدِل. وحتَّى قُرابةِ 000 14 سَنة، كانت هناكَ كمِّيَّةٌ ضَخْمةٌ من الجليدِ مُحْتَبسةً في القَلَنْسُوتَيْن الجليديَّتين القُطْبِيَّتين؛ وكانَتْ مُسْتَوياتُ سَطْحِ البَحْر أخفضَ بحوالى 80 مترًا عمَّا هي عليه اليومَ. لكِنَّ الجليدَ خَفَّضَ اليابِسةَ أيضًا، وهذه لا تزالُ ترْتَفِعُ بِبُطءٍ في العُروضِ الجُغرافيَّةِ الشَّماليَّة.



القارَّةُ القُطْبيَّةُ الجَنوبيَّةُ مُغَطَّاةٌ في مُعظَمِها بغِطاءٍ جَليديٍّ سَميك. يَنْسابُ الجليدُ من مناطقِ تَساقُطِ الثلج الغَزير وَسَطَ القارَّة، مُنْدَفِقًا نحوَ السَّاحل. في الشِّتاء، يمتَدُّ الغِطاءُ الجَليديُّ رُفوفًا داخِلَ البَحْر. بعضُ الرُّفوفِ الجليديَّةِ السَّميكةِ تَبْقَى على مَدارِ السَّنة، مُطلِقةً من حينٍ لآخَرَ جبالَ جَليدٍ هائلةً. ويتَخَوَّفُ كثيرٌ من العُلماءِ من أنْ يتَسَبَّبَ الحمُوُّ العالميُّ بِتَقَوُّضِ الغِطاءِ الجليديِّ في القِسْمِ الغَربيِّ من القارَّةِ القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة مِمَّا سيُعَلِّي المُسْتوياتِ العالميَّةَ لِسَطْحِ البَحْر بشَكْلٍ خَطير.



جبالُ الجليد العِملاقةُ هذه كانت قد انفَصلَت عن الأغطيَةِ الجليديَّة في القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة، وتُبَيِّنُ بوُضوحٍ تأثيراتِ المَوْجِ في نَخْرِ حَوافِّها السُّفليَّة. ومعلومٌ أنَّ حوالى 90% من حَجْمِ جَبل الجليد يَغوصُ تحتَ الماءِ فلا يُرى – مِمَّا يجعَلُ من جبالِ الجليد خطرًا بالِغًا على السُّفنِ العابِرة. وبالطَّبْع، فإنَّ هذه الجبالَ تحمِلُ في ثناياها الطينَ والصُّخُورَ، التي كَشَطها الجليدُ عن اليابِسةِ، وتُرَسِّبُها على أبْعادٍ شاسِعةٍ في البَحْر، حيثُ تتواجَدُ في الرُّساباتِ المُحيطيَّة.



مَنْظرٌ جَوِّيٌّ يُبَيِّنُ مَثْلَجةَ كاهِلْتْنا الضَّخْمةَ في ألاسْكا. لقد تسَبَّبَتِ الأنشِطةُ البَشَريَّةُ في ظاهرةِ الحمُوِّ العالميّ؛ وهذه بدَورِها سَبَّبَتْ تقَلُّصَ عِدَّةِ مَثالِجَ حولَ العالَم. وفي حالِ انصَهرَتْ مَثْلَجةُ كاهِلْتْنا، فإنَّها ستَكتَشِفُ عن وادٍ تُونيٍّ عميقٍ احتَفَرَتْهُ في الجبالِ تحتَها.



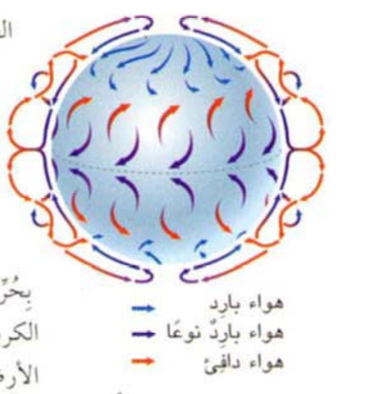
عندما يَنْصَهِرُ خَطْمُ المَثْلَجةِ تُشَكِّلُ بعضُ انقاضِ الصُّخور حَيْدًا يُعرَفُ بالرُّكامِ الجليديِّ الانْتِهائيّ

اُنْظُر أيضًا

تَشَكُّلُ الجبال ص 22 – 23
المُناخ ص 36 – 37
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المُناخ

يعتَمِدُ مُناخُ الأرض على الطاقةِ الشمسيَّةِ وعلى قُدْرةِ مُحيطاتِ الأرضِ وغِلافِها الجوِّيِّ على مُداولةِ الحَرارةِ بفَعاليَّةٍ حوْلَ كوكَبِ الأرض.



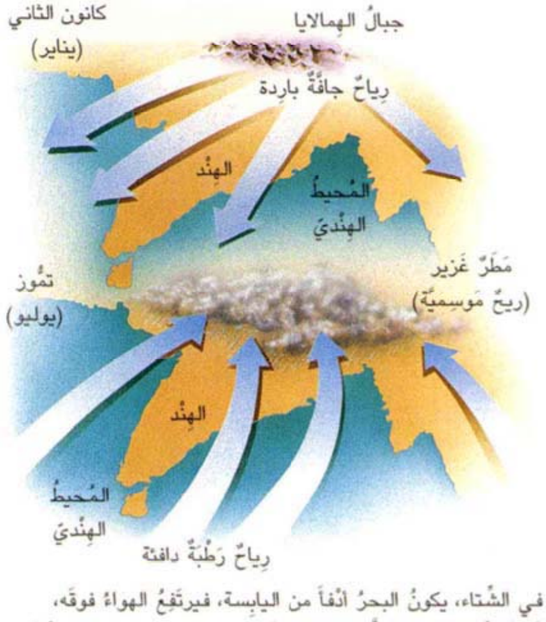
يَرْتفِعُ الهواءُ الدافِئُ عندَ خطِّ الإسْتِواء حيثُ ضوءُ الشَّمْس أشَدّ. ومن هناك، يَنْتَقِلُ الهواءُ الدافِئُ نحو القُطْبَيْن مُستَجِرًّا الهواءَ البارِدَ نوعًا لِيَحُلَّ مَحَلَّه.



نَبيتُ الغاباتِ المَطيرةِ يُسْهِمُ في الحَدِّ من الحمُوِّ العالميّ بامتِصاصِه غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء في عمليَّة التخليق الضوئيّ.

الطَّاقةُ التي تُسَيِّرُ مَنْظوماتِ طَقْسِ الأرض مَصْدرُها الشَّمْس. فعندما يَشِعُّ ضوءُ الشمسِ على الأرض، يُعكَسُ بَعضُه بواسِطة السُّحُبِ والأغطيةِ الجَليديَّة القُطبيَّة الناصِعةِ البَياض عائدًا إلى الفَضاء. أمّا الباقي فتَمتَصُّه البِحارُ واليابِسةُ اللاتي تَسْخُنُ به وتَشِعُّهُ حرارةً كضَوءٍ دونَ الأحمر. وبينَما يَسْري الضوءُ المَرئيُّ بحُرِّيَّةٍ عَبْرَ الهواءِ الصافي، فإنَّ غازاتٍ كثاني أُكسيد الكربون تَعكِسُ الضوءَ دونَ الأحمر مُعيدَةً إيَّاهُ إلى جوِّ الأرض - فيما يُعْرَفُ بظاهِرةِ الدَّفيئات. فثاني أكسيد الكربون في الهواء يَحْتَبِسُ الحرارةَ بالطريقة نَفْسِها التي يَحْتَبِسُها بها زُجاجُ الدَّفيئة. ويُقدِّرُ العلماءُ أنَّهُ لولا هذه الظاهِرةُ لكانَ مُعدَّلُ دَرَجةِ الحرارة على سَطْح الأرض حوالى - 15°س (بدلَ المُعدَّل الحالي 14°س)، ولكانَ الجليدُ يُغَطِّي كامِلَ كوكَبِ الأرض باستِمرار، ولكانت انعدَمَت إمكانيَّةُ تواجُدِ الحياةِ البَشَريَّة على الأرض.

تَتباينُ كمِّيَّةُ نورِ الشَّمْس التي تَبْلُغُ سَطْحَ الأرض تَبَعًا لِخَطِّ عَرْض المِنْطقة. فضوءُ الشَّمْس الأعظَمُ شِدَّةً يُشَعُّ عندَ خطِّ الإستِواء؛ والأشَدُّ وَهَنًا عِندَ القُطْبَيْن. وتَدْأَبُ الرِّياحُ على مُحاولة تَسْوِيَةِ ذلك التبايُنِ بحَمْلِ الهواءِ الأدفأ إلى العُروضِ الجُغرافيَّةِ الأعلى. كذلك يَتأثَّرُ المُناخُ بالتيَّارات المُحيطيَّة. فطبَقةُ المِتْرَيْن العُلْوِيَّيْن من مياهِ البِحارِ السَّطحيَّة تَخْتَزِنُ من الحرارةِ أكثرَ مِمّا يختَزِنه مِنها جَوُّ الأرضِ بكامله. والتيَّاراتُ المُحيطيَّةُ تَنْقُلُ بَعضًا من هذه الحرارة دَوْمًا نحو القُطبَيْن؛ كما إنَّ تيَّارَ الخليجِ وتيَّارَ الإنْسياق الأطلسيّ الشماليّ يُكْسِبانِ أوروبا الشماليَّةَ طَقْسَها المُعْتَدِل. وبَعيدًا عن



في الشِّتاء، يكونُ البحرُ أدْفأ من اليابسة، فيرتَفِعُ الهواءُ فوقَه، مُسْتَجِرًّا الهواءَ الجافَّ البارِدَ جَنوبًا من جبال الهمالايا. في الصَّيْف، يُصْبِحُ الهواءُ فوقَ شَماليِّ الهِنْد حارًّا جدًّا فيَرتفِع. وهذا يُسَبِّبُ تَحَرُّكَ الهواءِ الرَّطْبِ الدافئ شَمالًا من المُحيط، جالبًا أمطارًا غَزيرةً إلى جَنوبيِّ آسيا - في الفَصْلِ المَوسِميّ.

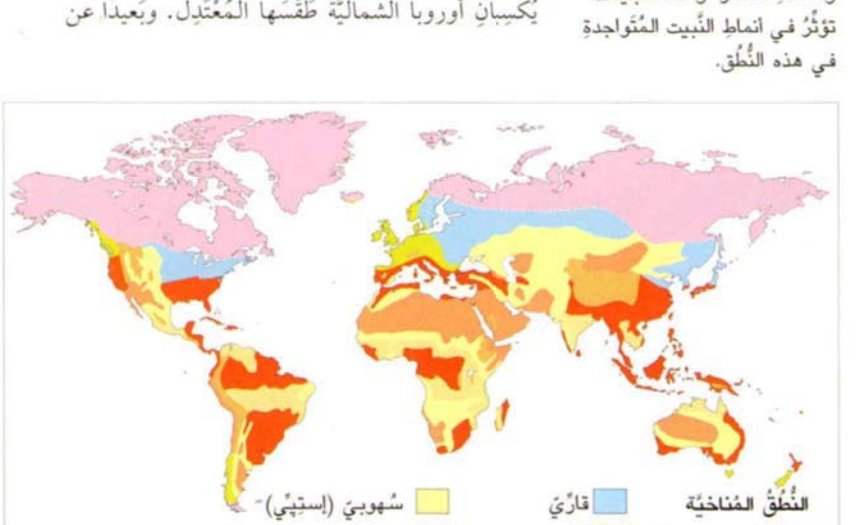
المَخْزوناتِ الحراريَّةِ المُحيطيَّة، فإنَّ المناطِقَ في داخِلِ القارّاتِ هي أشَدُّ مَنْظوماتِ الطَّقْسِ حِدَّةً - فشِتاؤُها قارِسُ البَرْدِ وصَيْفُها حارٌّ وجافٌّ.

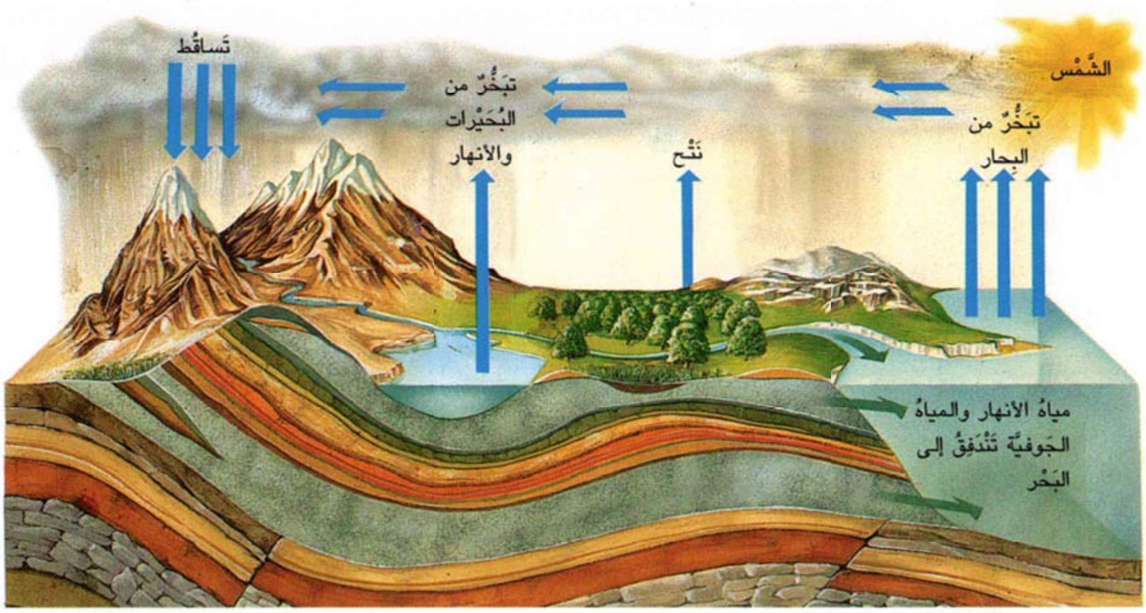
تغَيُّرُ المُناخ

رُغْمَ كُلِّ تغَيُّراتِ الطَّقْس من يَوم إلى يَوم ومن سَنةٍ إلى سَنة، فإنَّ مُعَدَّلَ دَرجاتِ الحرارة العالميَّ لم يتغيَّر، طيلةَ القَرنِ الماضي، بأكثرَ من نِصْفِ درجة س (سِلْسيوس). إنَّ لِبَعْضِ التغَيُّراتِ المُناخيَّةِ أسبابًا طبيعيَّةً. ففي القَرْنِ السابعَ عَشَر، مثلًا، لم يُسَجَّلْ وُجودُ أيِّ بُقَعٍ شَمْسيَّة. إجمالًا كانتِ الشَّمْسُ أبْرَدَ في تِلْكَ الفَتْرة التي عُرِفَت بالعَصْرِ الجليديِّ الصَّغير. وفي ذلك الحِين، تَجمَّدتِ الأنهارُ في أوروبا خِلالَ الشتاء وكانت تُقام مَعارِضُ وألعابٌ فوقَ الجليد.

وفي أزْمنةٍ غابِرةٍ أقْدَمَ كانت هنالك تَغَيُّراتٌ مُناخيَّةٌ أعْظَمَ كثيرًا؛ وتوجَدُ شواهِدُ على ذلك بأشكالٍ عديدة. فحَلَقاتُ النمُوِّ في الشَّجَر تُسَجِّلُ فُصولَ نَماءٍ جَيِّدةً وسَيِّئة - بما فيها سِلْسلةٌ من فُصولِ الشِّتاءِ القارِسةِ البَرْد حوالَى العام 1450 ق.م، التي رُبَّما سَبَّبَتْها ثَوَراناتٌ بُركانيَّةٌ حجَبَت ضوءَ الشَّمْس. ويتَجلَّى ذلك أيضًا في سِجِلّاتٍ أقدمَ زمنًا داخِلَ عَيِّناتٍ جليديَّةٍ لُبِّيَّة من غْرينْلَنْد ومن القارَّةِ القُطبيَّة الجَنوبيَّة وفي طَبَقاتِ الرُّسابات في البُحَيْرات. وتُوَفِّرُ الرُّساباتُ اللُّبِّيَّةُ من المُحيطاتِ التاريخَ الأطولَ. فالتَّغَيُّراتُ في نِسَبِ نَظائرِ الأُكسجين يُمكِنُ أنْ تُنْبِئَنا عن دَرجاتِ الحرارة المُحيطيَّة وعَن كمِّيَّةِ الجليد عندَ القُطبَيْن في أزمانٍ أسْبَق. كما تُبَيِّنُ لنا

▼ تتَميَّزُ النُّطُقُ المُناخيَّةُ الثمانيةُ الرئيسيَّةُ بمُعدَّلاتٍ مُتَبايِنةٍ من مُتَوَسِّطِ دَرجاتِ الحرارة وتَساقُطِ المَطَر. وهذه التبايُناتُ تؤثِّرُ في أنماطِ النَّبيت المُتَواجدةِ في هذه النُّطُق.





نظائرُ الكربون في المَحار كمِّيَّةَ ثاني أكسيد الكربون التي كان يَجْري سَحْبُها من الهواء. ومُنْذُ حوالى 50 مليون سَنة، يُرَجَّحُ أنَّ الجليدَ لم يَكُنْ يتَواجَدُ على سَطْحِ الأرض إلّا في قِمَمِ الجبالِ العالية. وكانتِ القارَّةُ القُطبيَّةُ الجَنوبيَّةُ مُغَطّاةً بالنَّبْت. وقبْلَ ذلك، بما يَفُوقُ 100 مليون سَنة، كان مُناخُ الأرض أدفأَ كثيرًا مِمَّا هو عليه اليوم، وكانتِ الدَّيْنوصوراتُ تَجوبُ كوكبَ الأرض بحُرِّيَّة.

الحمُوُّ العالَميّ

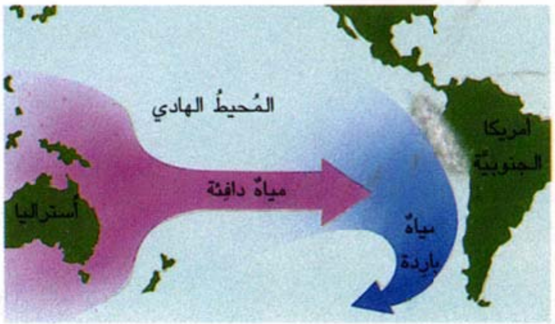
ليسَت كُلُّ التغَيُّراتِ المُناخيَّةِ طبيعيَّةً. فمُنْذُ العام 1958 أخذَ العلماءُ يُراقبون تَرْكيزَ ثاني أكسيد الكربون في الهواء، فوقَ جَبلٍ عالٍ في هاواي، بَعيدًا عن أيِّ مَصْدرِ تَلَوُّث. وكان تركيزُ ذلك الغاز يَتزايَدُ سَنةً بَعْدَ سَنة. ومَعلومٌ أنَّ مَصْدرَ ثاني أُكسيد الكربون الزائدِ هو حَرْقُ الوُقُدِ الأُحفوريَّةِ، كالفَحْمِ والغازِ الطبيعيِّ والمُشْتقّاتِ النِّفْطيَّة. فالحَرْقُ هذا يُطْلِقُ، في الهواءِ، كربونًا كان مُخْتَزَنًا في أنْسِجةِ المُتَعَضِّيات التي عاشَت منذُ عِدَّة ملايينِ السِّنين. كذلك فإنَّ حَرْقَ الغاباتِ في مِنْطقةِ الأمازون يُطْلِقُ ثاني أكسيد الكربون ويُدَمِّرُ الأشجارَ والنباتاتِ التي كان تَواجُدها يُسْهِمُ في خَفْضِ كمِّيَّة ثاني أكسيد الكربون في الجَوّ في عمليَّةِ التخليقِ الضوئيّ. ويُقَدَّرُ أنَّ ما تُضيفُه الأنشِطةُ البَشَريَّةُ سَنويًّا من الكربونِ إلى الهواءِ على شكلِ ثاني أكسيد الكربون بحوالى ثمانيةِ بَلايين طُنٍّ. وخِلالَ القَرْنِ العِشْرين، زادَ ثاني أكسيد الكربون الإضافيّ من ظاهِرةِ الدَّفيئات واحتِباسِ حرارة الشَّمْس إلى حَدٍّ رفَعَ مُعَدَّلَ درجةِ الحرارة العالمِيَّ بمِقْدار 0,5°س.

يَستَخْدِمُ الأرصاديُّونَ حواسيبَ فائقةً لِنَمْذَجةِ المُناخ والتنَبُّؤ بالتَّغَيُّراتِ المُناخيَّةِ المُستَقْبليَّة. وتُشيرُ النتائجُ إلى إمكانيَّةِ سُخونةِ المُناخِ العالميِّ بِـ 2,5°س إضافيَّةً على مَدى القَرْنِ التالي – وهذا يَفُوقُ مُعَدَّل التغَيُّر في درجة الحرارة الذي حَصَلَ مُنْذُ العُصور الجليديَّةِ حتَّى الوقت الحاضِر. وقَدْ تكونُ التغَيُّراتُ مَحَلِّيًّا أشدَّ أثَرًا. فبانصهارِ الجليدِ القُطْبيّ، سَترتفِعُ مُستَوياتُ سَطْحِ البَحْرِ وتُحْدِثُ فَيَضاناتٍ، وستَغْدو الصَّحاري أشَدَّ جَفافًا والمناطِقُ الساحِليَّةُ أكثرَ تعَرُّضًا للعواصِف.



ظروفٌ طبيعيَّة

ألنينُو اسْمٌ أُعْطيَ إلى انعِكاسٍ يَحْدُثُ منْ حِينٍ لآخر في اتّجاهِ التيّاراتِ في المُحيطِ الهادي. ففي الظُّروفِ الطبيعيَّةِ تَتَّجِهُ التيّاراتُ السَّطْحيَّةُ الدّافِئةُ غَرْبًا عَبْرَ المُحيطِ الهادي الجَنوبيّ. فتُوَفِّرُ هواءً رَطْبًا للمُناخِ الرَّطْبِ لِجَنوبِ شَرقِ آسيا وتُتيحُ للمياهِ الغَنيَّةِ بالمُغَذِّيات أنْ



ألنينُو

تَفيضَ على امْتِدادِ ساحِلِ البيرو. أمّا خِلالَ الألْنينُو، فإنَّ التيّارَ الدافِئَ يَنْسابُ شَرْقًا – مُحْدِثًا فَيَضاناتٍ في الأمريكيَّتَيْن وجَفافًا في جَنوبِ شَرْقِ آسيا. كذلك فإنَّ الألْنينُو يَحْرِمُ الأسماكَ من مُغَذّياتِها في مَناطِقِ الصَّيْد على ساحلِ البيرو.

الحَرارةُ من الشَّمْس تُحَرِّكُ الماءَ في دَورَتِه حولَ الأرض. فهي تُسَبِّبُ تَبَخُّرَ الماءِ من البُحَيْراتِ والأنهارِ والبِحار، ونَتْحَ الماءِ من النَّباتاتِ إلى الهواء. والهواءُ الرَّطْبُ الدافِئُ يَبْرُدُ عندما يرتَفِعُ فوق التِّلالِ والجِبال، أو عندما يَلتَقي هواءً بارِدًا. ومع بُرودَتِهِ يَعْجِزُ هذا الهواءُ عن استيعابِ كامِلِ حُمولَتِه من الماءِ كبُخار، فتَتَكثَّفُ قُطَيْراتُ الماءِ فيه إلى سُحُبٍ ثُمَّ إلى مَطَر. والمَطَرُ يُغَذّي الجَداولَ والأنهارَ ويَتَغَلْغَلُ في التُّرْبةِ كمِياهٍ جَوفيَّة. وبهذه الأشكالِ يَعودُ الماءُ إلى البُحَيراتِ والغاباتِ والبِحار، مُكمِلًا دَوْرَتَه المُسْتَمِرَّةَ في الطبيعة.



تَتَولَّدُ المَنْظوماتُ الجَبْهيَّةُ حيثُ يَلْتَقي الهواءُ البارِدُ بالهواءِ الدافِئ. وتَحْدُثُ الجَبْهةُ البارِدةُ حيْثُ يَدْفَعُ الهواءُ البارِدُ (الجافُّ عادَةً) الهواءَ الدافِئَ من دَرْبِه.



تَجْلِبُ الجَبْهةُ البارِدةُ عادةً سُحُبًا ومَطَرًا. فيَنْدَفِعُ الهواءُ البارِدُ تَحْتَ الهواءِ الدافِئِ ويَرْفَعُه.



الجَبْهةُ المُرْتَجَةُ تَحْدُثُ حيثُ يَخْتَلِطُ الهواءُ البارِدُ بالهواءِ الدافِئ. وعِنْدَ اكتِمالِ ذلك تَضْعفُ الجَبْهةُ المُرْتَجَةُ وتَتَلاشَى.

أُنْظُر أيضًا

المُحيطات ص 12 – 13
الشَّمْس ص 394 – 395
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

المَطَرُ والثَّلْج

المَطَرُ والثَّلْجُ شَكْلانِ من تَساقُطِ الماءِ من السَّماءِ على الأرض. والماءُ الذي يُوفِّرانِه قِوامِيٌّ وحَيَوِيٌّ لِبَقاءِ ونُمُوِّ الحيَواناتِ والنَّباتات.



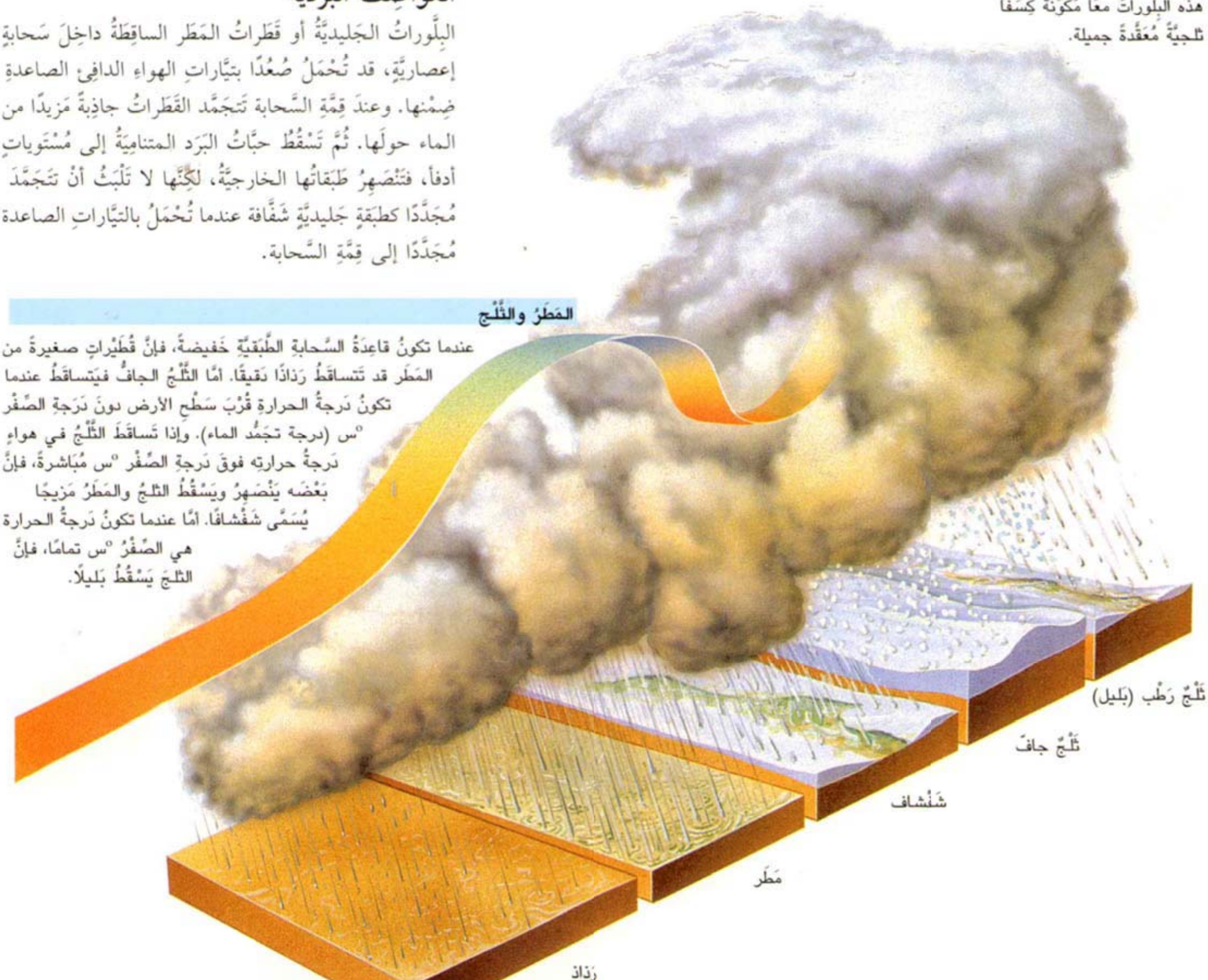
عندما يَتَجَمَّدُ الماءُ يُشَكِّلُ بِلَّوراتٍ مُسَطَّحةً سُداسِيَّةَ الجوانب. وفي ظُروفٍ مُناخِيَّةٍ مُعَيَّنةٍ، تَتَضامُّ هذه البِلَّوراتُ معًا مُكَوِّنةً كِسَفًا ثلجيَّةً مُعَقَّدةً جميلة.

الماءُ الذي يَسْقُطُ من السُّحُبِ بمُختلِف أشكالِه يُسَمَّى تَساقُطًا. ففي المَطَرِ، أحدِ أشكالِ هذا التَّساقُط، تتكَوَّنُ قَطَراتُ الماءِ في السُّحُب عندَما تَتصادَمُ قُطَيْراتُ الماءِ الدقيقةُ بفِعْلِ التيّاراتِ الهوائيَّة فتتضامُّ معًا مُكَوِّنةً قَطَراتٍ أكبرَ تَتساقَطُ على الأرض مَطَرًا. ولا بُدَّ أنْ يكونَ الهواءُ رَطْبًا حتَّى يَصِلَ المَطرُ إلى سَطْحِ الأرضِ دونَ أنْ يَتبَخَّرَ. لِذا فإنَّ هذا النَّوعَ من التساقُطِ يَحْدُثُ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ في المَناطِقِ المَدارِيَّة.

مُعْظَمُ المَطرِ يَبْدأُ كبِلَّوراتٍ جَليديَّةٍ تتكَوَّنُ عالِيًا في الجَوِّ في سُحُبٍ حيثُ دَرجةُ الحرارة خَفيضة. وتَتنامى البِلَّوراتُ الجَليديَّةُ بتجمُّدِ مَزيدٍ من الماءِ حولَها. وتَسْقُطُ هذه البِلَّوراتُ على الأرض مَطرًا أو ثَلْجًا تَبَعًا لِعلُوِّ مُسْتَوى التجَمُّد - أي الارْتفاعِ الأدنى الذي تَتَسَبَّبُ فيه دَرجةُ الحرارة والضغطِ بِتَجَمُّدِ الماء. فإذا كان مُسْتَوى التجَمُّدِ أقلَّ من 300 م فوقَ سَطْحِ الأرض، فإنَّه لن يتسَنَّى للبِلَّوراتِ الجَليديَّة وَقْتٌ كافٍ للانْصهار قبْلَ بلُوغِها سَطْحَ الأرض، لِذا فهي تَتساقَطُ ثَلْجًا. وفي الظُّروفِ الأَدفأ، يكونُ مُسْتَوى التجَمُّد أعلى فتَتحَوَّلُ البِلَّوراتُ إلى مَطرٍ قبْلَ بلُوغِها سَطْحَ الأرض.

العواصِفُ البَرَدِيَّة

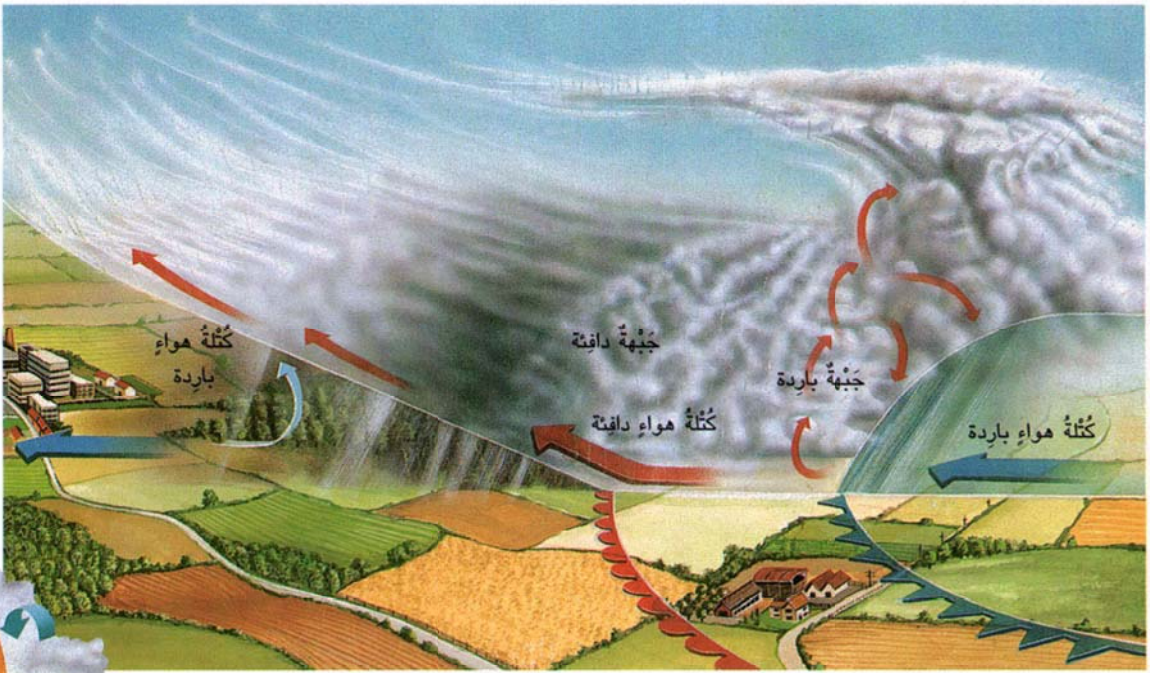
البِلَّوراتُ الجَليديَّةُ أو قَطَراتُ المَطَر الساقِطةُ داخِلَ سَحابةٍ إعصاريَّةٍ، قد تُحْمَلُ صُعُدًا بتيّاراتِ الهواءِ الدافِئِ الصاعدةِ ضِمْنَها. وعندَ قِمَّةِ السَّحابة تَتجمَّد القَطَراتُ جاذِبةً مَزيدًا من الماء حولَها. ثُمَّ تَسْقُطُ حبّاتُ البَرَد المتنامِيَةُ إلى مُسْتَوياتٍ أدفأ، فتَنْصَهِرُ طَبَقاتُها الخارجيَّةُ، لكِنَّها لا تَلْبَثُ أنْ تتَجَمَّدَ مُجَدَّدًا كطبَقةٍ جليديَّةٍ شَفّافة عندما تُحْمَلُ بالتيّاراتِ الصاعدة مُجَدَّدًا إلى قِمَّةِ السَّحابة.



المَطَرُ والثَّلْج

عندما تكونُ قاعِدةُ السَّحابةِ الطَّبَقيَّةِ خَفيضةً، فإنَّ قُطَيْراتٍ صغيرةً من المَطَر قد تَتساقَطُ رَذاذًا دَقيقًا. أمّا الثَّلْجُ الجافُّ فيَتساقَطُ عندما تكونُ دَرجةُ الحرارةِ قُرْبَ سَطْحِ الأرض دونَ دَرَجةِ الصِّفْر °س (درجة تجَمُّد الماء). وإذا تَساقَطَ الثَّلْجُ في هواءٍ دَرجةُ حرارتِه فوقَ دَرجةِ الصِّفْر °س مُباشرةً، فإنَّ بَعْضَه يَنْصَهِرُ ويَسْقُطُ الثلجُ والمَطَرُ مَزيجًا يُسَمَّى شَفْشافًا. أمّا عندما تكونُ دَرجةُ الحرارة هي الصِّفْرُ °س تمامًا، فإنَّ الثلجَ يَسْقُطُ بَليلًا.

تتكوَّنُ السُّحُبُ وتُمْطِرُ عِندما يَرتفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ الدَّافِئ. وقد يَحْدُثُ هذا عِنْدَ ٱلْتِقاءِ جَبْهَةِ هواءٍ دافِئةٍ بِكُتْلَةِ هواءٍ بارِدة. فالهواءُ الدافئُ يَبْرُدُ عندما يَرْتَفِعُ فوقَ الهواءِ البارِدِ مُكَوِّنًا سُحُبًا ومَطَرًا خَفيفًا ورَذاذًا. امَّا عِندما تَنْدَسُّ جَبْهَةٌ بارِدةٌ تحتَ هواءٍ دافِئ، فإنَّ الهواءَ الرَّطْبَ يَرْتفِعُ بِسُرعةٍ مُكَوِّنًا سُحُبًا إعصاريَّةً تُرْسِلُ في الغالِبِ مَطَرًا غَزيرًا. ويَتْبَعُ ذلكَ عادةً طَقْسٌ صافٍ أبْرَدَ.

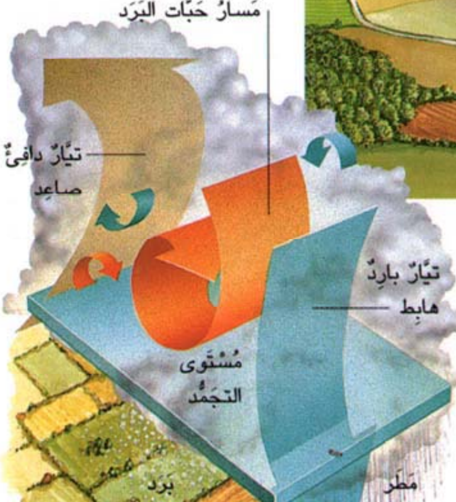


تَسْتَمِرُّ حبَّاتُ البَرَدِ بالإرْتِفاعِ والهُبوطِ والتَّنامي معَ كُلِّ دَورةٍ حتَّى تُصْبِحَ أثقلَ من أنْ تَحْمِلَها التيَّاراتُ الصاعِدةُ فتَسْقُطَ على الأرض. وقد يَبْلُغُ قُطْرُ حبَّةِ البَرَد النَّموذجيَّةِ سَنْتيمترًا واحِدًا أو أكثَرَ؛ أمَّا الرَّقْمُ القِياسيُّ لِوَزن البَرَدَةِ فيَبْلُغ 760 غرامًا.

مُعَدَّلاتُ المَطَر

مُعَدَّلاتُ المَطَر السَّنويَّةُ التي تَتَراوحُ بين 60 سم وَ 150 سم هي مُعَدَّلاتٌ عادِيَّةٌ في المَناطِقِ المُعْتدِلة كشَماليِّ أوروبا؛ لكِنْ تُوجَدُ مناطِقُ صَحْراويَّةٌ جافَّةٌ يَنْحَبِسُ عنها المَطَرُ سَنَوات. ففي جُزْءٍ من صَحراءِ أتاكامَا في الشِّيلي لم يُسَجَّلْ أيُّ تَساقُطٍ للمَطَر على مَدَى أكثَرَ من 400 سنة. وفي المُقابِل فإنَّ مُعَدَّلَ المَطَر على قِمَّةِ جبلِ وايالالا في جزيرة كاواي من جُزُرِ هاواي يَبْلُغ أكثَرَ من 11 مترًا في السَّنةِ عادةً. أمَّا أعظمُ تَساقُطٍ ثلجيٍّ في 12 شهرًا فكانَ 31,1 مترًا في شِتاءِ 1971 – 1972 في پارادَيْس على جبَل رانْييه في ولايةِ واشنطن، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

وفي 16 آذار (مارس) عام 1952، بلغَ نُهطالُ المَطَر في سِيلاوُس بجَزيرة رِييُونْيُون في المُحيط الهِنْدي 1,87 مِترًا. والأمطارُ الغَزيرةُ التَّهْطال من هذا النَّمَط قد تُحَلْحِلُ جُذورَ الأشجار وتُخَلْخِلُ المُنْحدَرات جارِفةً المَنازل أو مُسَبِّبةً ٱنْزِلاقاتٍ أرضيَّةً كارثيَّة. كما إنَّ الأمطارَ الغزيرةَ المُتَواصلةَ والسَّيَحاناتِ المُفاجِئةَ تَرْفَعُ مُسْتَوياتِ مِياه الأنهار فَتُفَزِّرَ ضِفافَها وتفيضُ غامِرةً ما حوالَيها.



تَتَنَشأُ حبَّاتُ البَرَدِ كَنَوَى جَليديَّةٍ دقيقةٍ في أعلى سَحابةٍ إعصاريَّة؛ تَسْقُطُ بِثِقْلِها إلى قاعِ السَّحابةِ، لكنَّها تُحْمَلُ مع تيَّارٍ صاعِدٍ وتُعادُ ثانيةً إلى أعلى السَّحابةِ حيثُ يَتجَمَّدُ حولَها مَزيدٌ من الماءِ فتسقُطُ، ثُمَّ تُقْذَفُ إلى أعلى ثانيةً. وتتكرَّرُ هذه الدوراتُ مُراكِمَةً حولَ حَبَّةِ البَرَدِ طَبَقاتٍ عديدةً من الجليد قَبْلَ سُقُوطِها في نِهايةِ المَطافِ إلى الارض.



ضَوءُ الشَّمْس خَليطٌ من اطوالٍ مَوجيَّةٍ مُتَبايِنةٍ من الضَّوء، فعِندما يَنْعكِسُ الشعاعُ الضَّوئيُّ انْعِكاسًا كُلِّيًّا داخِلَ قَطْرةِ مَطَرٍ يَنْكَسِرُ كُلُّ طُولٍ مَوْجيٍّ مِنْه، عندَ مُغادرتِه القَطْرةَ، بِزاويةٍ مُخْتلِفة. ونَتيجةً لِذلك، تُشاهَدُ الأطوالُ المَوجيَّةُ المُتبايِنةُ كالوانٍ مُنْفَصِلةٍ في قَوْسِ قُزَح.



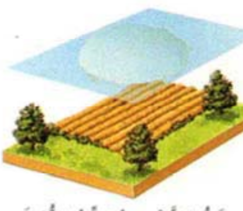
◄ يُشاهَدُ قَوسُ قُزَح، ناحيةَ الأُفُقِ المُقابِلةَ للشَّمْس، بِسَبَبِ ٱنعكاسِ أشِعَّةِ الشَّمْسِ وانكِسارِها عَبْرَ مَلايينَ من قُطَيْراتِ ماءِ المَطَر.

أُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 – 37
الحياة: الأُصولُ والتطَوُّر ص 50 – 51
تَغَيُّرُ المُناخ ص 460

السُّحُبُ والضَّباب

الحرارةُ من ضَوءِ الشَّمْس تُبَخِّرُ الماءَ من سَطْحِ الأرض. وعندما تَهْبِطُ دَرجةُ حرارةِ الهواء، يتكثَّفُ بُخارُ الماءِ فيه مُكَوِّنًا السُّحُبَ والضَّباب.



1 شَعُّ الشَّمْس يُسَخِّنُ التُّرْبةَ العاريةَ أسْرعَ مِمَّا يُسَخِّنُ العُشْب. في الأيّام المُشْمِسةِ يرتفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ من مِثْلِ هذه المَناطق.



2 بِٱرْتِفاعِ الهواءِ الرَّطْبِ وتَبَرُّدِه، يَبْدأُ بُخارُ الماءِ فيه بالتكاثُفِ وتكوينِ السُّحُب.



3 تَتَنامَى السُّحُبُ إذْ تُغَذّيها جُيوبٌ إضافيَّةٌ، من الهواءِ الدافِئِ الصاعِدِ، بِقُطَيْراتٍ من الماء.

إنَّ كمِّيَّةَ الماء التي يُمْكِنُ لِلهواءِ أنْ يَسْتوعِبَها كَبُخارٍ غيرِ مَرْئيٍّ تَعْتَمِدُ على دَرجةِ حرارتِه. فإذا بَرَدَ الهواءُ إلى ما دُونِ دَرجةِ حرارةٍ مُعَيَّنة، فإنَّ قُطَيْراتٍ دَقيقةً من الماءِ تَبْدأُ بالتكَوُّنِ حوْلَ حُبَيْباتٍ دَقيقةٍ مِنَ الغُبارِ أو الدُّخانِ في الهواء؛ والسُّحُبُ والضَّبابُ تتألَّفُ من أمثالِ هذه القُطَيْرات. والضَّبابُ هُو في الواقِع سُحُبٌ تَتَكَوَّنُ بمُستوى سَطْحِ الأرض. في المُرْتَفعات العاليةِ حيثُ الهواءُ بارِدٌ بما فيه الكِفاية يَتحوَّلُ الماءُ في السُّحُبِ إلى بِلَّوراتٍ جَليديَّة.

تَكَوُّنُ السُّحُب

في الطَّقْسِ المُشْمِسِ تُحْدِثُ الحرارةُ والرُّطوبَةُ من سَطْحِ الأرض تيّاراتٍ صاعِدةً من الهواءِ الدافِئِ الرَّطْب. وعِندَ ٱرْتِفاعِ هذه التيّاراتِ إلى طَبَقاتِ الهواءِ الأَبْرد، يَبْدأُ البُخارُ بالتكاثُفِ مُكَوِّنًا سُحُبًا. لكِنَّ دَواخِلَ السَّحابةِ تَبْقَى دافئةً وتَسْتَمِرُّ بالِٱرْتِفاعِ مُكَوِّنةً سُحُبًا مُنْتَفِشةً مُتَطاوِلة.

ويَتكَوَّنُ نَمَطٌ مُخْتلِفٌ من السُّحُبِ عندما تَلْتقي جَبْهةٌ هوائيَّةٌ دافِئةٌ رَطْبةٌ بكُتْلةٍ من الهواءِ البارِد. ويَرْتَفِعُ الهواءُ الدافِئُ فوقَ الهواءِ البارِد فيَبْدأُ بالتبَرُّد. وقد تتكَوَّنُ بذلك طَبَقاتٌ من السُّحُبِ المُتَّصِلة على الحدِّ بينَ الهواءِ الدافِئِ والبارِد. كذلك تَتكَوَّنُ السُّحُبُ أيضًا عندما يَرْتَفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ فيَبْرُدُ عَبْرَ مُرورِه فوقَ التِّلالِ أو الجِبال.

أنواعُ السُّحُب

تُصَنَّفُ السُّحُبُ عادةً تَبَعًا لِمَظْهَرِها وٱرْتِفاعِها. ويُقاسُ ٱرْتِفاعُ السَّحابةِ من مُستوَى قاعِدَتِها؛ لكِنَّ بعضَ أنواعِ السُّحُبِ قد يَعْلُو عِدَّةَ آلافِ الأمتارِ فوقَ القاعِدة. تُعْتَبَرُ السُّحُبُ خَفيضةً إذا كان ٱرْتِفاعُ قواعِدِها لا يَتَجاوزُ 2000 م، ومُتَوسِّطةَ المُسْتَوى إذا كان عُلُوُّ قواعِدِها يَتَراوحُ بين 2000 م وَ 5000 م، وعاليةَ المُسْتَوى إذا كان ٱرْتِفاعُ قواعِدِها بينَ 5000 م، وَ 14 000 م.

السُّحُبُ الخفيضَةُ المُسْتَوى تَشْمَلُ السُّحُبَ الطَّبَقيَّةَ التي تتكَوَّنُ في طَبَقاتٍ مُتَّصِلةٍ، والسُّحُبَ الرُّكاميَّةَ المُنْتَفِشةَ البَيْضاءَ الشبيهةَ بِكُراتٍ قُطْنيَّة. والسُّحُبُ المُزْنيَّةُ الرُّكاميَّةُ هي أيضًا خَفيضةُ مُسْتَوى القاعدة، لكِنَّها قد تَعْلُو حتّى 13 000 م في الجَوِّ، وهي عادةً سَنْدانيَّةُ الشَّكْل غَزيرةُ التَّهْطال المَصْحوبِ بِعَواصِفَ رَعْديَّة.

السُّحُبُ المُتوَسِّطةُ المُسْتَوى تَشْمَلُ سُحُبَ الرَّهَجِ العالي، التي تتكَوَّنُ كطَبَقاتٍ صفائحيَّةٍ رَقيقة، والسُّحُبَ المُزْنيَّةَ الطبقيَّةَ الأدكنَ التي غالِبًا ما تَجْلِبُ مَطَرًا أو ثَلْجًا مُتَواصِلًا. والسُّحُبُ الرُّكاميَّةُ العاليةُ هي حُزَمٌ بَهيَّةُ المَنْظرِ من السُّحُبِ المُتوَسِّطةِ المُسْتَوى شَبيهَةٌ بالتمَوُّجات النِّيميَّةِ على شاطئٍ بَحْريّ.

السُّحُبُ العاليةُ المُسْتَوى هي أنواعٌ من السِّمْحاقِ القَزَعيِّ الشَّبيهةِ بِخُصَلٍ رَقائقيَّة. وهي تَحْوي الماءَ على شَكْلِ بِلَّوراتٍ جَليديَّةٍ دَقيقة.



تُحْدِثُ السُّحُبُ الإعْصاريَّةُ تَفْريغاتٍ بَرْقيَّةً تَبْلُغ شِدَّتُها 100 000 فلط أو أكثَر. هٰذه الشَّراراتُ الضَّخْمةُ تُسَخِّنُ الهواءَ إلى دَرجةٍ تَفُوقُ 30 000°س. ويُسَبِّبُ تَمَدُّدُ الهواءِ السَّريعُ والفُجائيُّ بتلاطُمِه مع طَبقاتِ الهواءِ المُكْتَنِفة قَصْفَ الرَّعْد.



السُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ هي جَدائِلُ من السُّحُبِ العاليةِ الِٱرْتِفاع. والسُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ الطبقيَّةُ تُشَكِّلُ ما يُشْبِهُ السَّدْلَ. والسُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ الرُّكاميَّةُ خُصَلٌ من السُّحُبِ العاليةِ المُسْتَوى قد تُشَكِّلُ نَسَقًا نِيميًّا مُنْتَظِمًا تَبْدو به السَّماءُ رَقْطاءَ كظَهْرِ الإسْقُمْري. والرَّهَجُ العالي طَبَقةٌ رَقيقةٌ من السُّحُبِ المُتوَسِّطةِ المُسْتَوى. والطَّبَقيُّ المُزْنيُّ طَبَقةٌ صَفائحيَّةٌ رَماديَّةٌ أدْكَنُ قد تأتي بالمَطَرِ أو الثَّلْج. وتُسَمَّى الغُيَيْماتُ المُتوَسِّطةُ المُسْتَوى سُحُبًا رُكاميَّةً عالية. وتَشْمَلُ السُّحُبُ الخفيضَةُ المُسْتَوى السُّحُبَ الطبقيَّةَ التي غالِبًا ما تَلُفُّ قِمَمَ التِّلال، والسُّحُبَ الرُّكاميَّةَ المُنْتَفِشة. والرُّكاميُّ الطَّبَقيُّ طَبقةٌ من السُّحُبِ الرُّكاميَّةِ المُتَّصِلة. وقد تُكَوِّنُ التيّاراتُ القويَّةُ الصاعِدةُ من الهواءِ الدافِئِ سُحُبًا مُزْنيَّةً رُكاميَّةً سَنْدانيَّةَ الشَّكْل تُنذِرُ بعواصِفَ رَعْديَّة.

مَعالِمُ السُّحُب

الأَرْصاديُّ المُدَرَّبُ غالبًا ما يَسْتَطيعُ التَنَبُّؤَ بأحوالِ الطَّقْس باستِعْراضِ أشكالِ السُّحُبِ ومُراقَبةِ تَغَيُّراتِها. وقد تُشَكِّلُ السُّحُبُ مَعالِمَ مُدْهِشَةً، وأحيانًا جميلةً، في السَّماء. فقد تَتَدلَّى نُتوءاتٌ غَيْرُ مُسْتَقِرَّةٍ تحتَ السُّحُبِ الرُّكاميَّةِ العالِيَةِ أشبَهُ بأصابعَ غَيْميَّةٍ ضَرْعِيَّةِ الشَّكْل. وأحيانًا تُحْدِثُ التيَّاراتُ الهوائيَّةُ الهابِطةُ من الجِبالِ سِلْسلةً من التَّمَوُّجاتِ العَموديَّةِ مُشَكِّلةً سُحُبًا شَبيهَةً بكُومةِ أطباق. وأمثالُ هذه الأشكالِ هي السُّحُبُ التي تَتَراءَى لِلْبَعْض خطأً بأنَّها صُحُونٌ طائرة.

عندما يَعْبُرُ ضَوءُ الشَّمْس فَجَواتٍ في السُّحُب بَيْنَما الشَّمْسُ ذاتُها مُحْتَجِبةٌ، تُشاهَدُ الأشِعَّةُ مُتَلأْلِئَةً في غايةِ الجَمال عَبْرَ ذُرَيْراتِ الغُبارِ في الجَوّ. وتَعْمَلُ قُطَيْراتٌ من الماءِ البارِدِ جِدًّا كمَوشُوراتٍ تَفْلِقُ أشِعَّةَ ضَوْءِ الشَّمْس إلى أطوالِها المَوْجيَّةِ المُرَكَّبةِ جاعِلةً السُّحُبَ تَسْطَعُ بمُخْتَلِف الألوان. وعندَ المَغيبِ أو الشُّروقِ، والشَّمْسُ خَفيضةٌ في السَّماء، يَنْثُرُ الجَوُّ ضوءَها، فتُنارُ قواعِدُ السُّحُبِ العالِيَةِ بألوانٍ جميلةٍ وَرْديَّةٍ وبُرْتُقاليَّةٍ وحَمْراء. وقد تكونُ هذه الظاهِرةُ أرْوَعَ مَنْظَرًا بشَكْلٍ مَلْحوظ في المناطقِ المُلَوَّثة، حيثُ يُعَزِّزُ غُبارُ الجَوِّ ظاهِرةَ تَشَتُّتِ الضوءِ الطبيعيَّة. وقد تُحْدِثُ السُّحُبُ السِّمْحاقيَّةُ العاليةُ الإرتفاع ظاهِرةَ الهالاتِ - طُفاوةً حَوْلَ الشَّمْسِ أو دارةً حوْلَ القَمَر - بفِعْل انكِسارِ أشِعَّةِ الضَّوءِ عَبْرَ البِلَّوراتِ الجليديَّة.



الشَّبُّورةُ البَحْريَّةُ مَشْهدٌ مألوفٌ في الخُلْجان - كما يُرى هنا في خَليجِ سانْ فرَنْسيسْكو، بكاليفورنيا. لاحِظْ كيف إنَّ نِصْفَ جِسْرِ چولْدن چيت مُحْتَجَبٌ بالشَّبُّورة.

الضَّبابُ والضُّخان

عندما تَتَكَوَّنُ السُّحُبُ بمُسْتَوى سَطْح الأرض تُسَمَّى ضَبابًا. وحيثُ إنَّ الضَّبابَ يُخَفِّضُ مَدى الرُّؤيةِ، فإنَّه مَصْدَرُ خَطَرٍ بخاصَّةٍ لِسائقي السيَّارات ومُتَسَلِّقي الجبال. وفي الحالاتِ القُصْوى، قد لا يَتجاوزُ مَدى الرُّؤيةِ المِتْرَ الواحد.

الضُّخانُ مَزيجٌ من الدُّخانِ والضَّباب يَحْدُثُ في مَناطِقِ التلَوُّث. وقد ظَلَّ الدُّخانُ من وَقْدِ الفَحْم، في مُدُنٍ عديدةٍ في إنكلترا، حتَّى مُنْتَصفِ عَقْدِ الخَمْسينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين يَتَسَبَّبُ بِضُخانٍ شديدِ الوَطأة يُودي بحَياةِ الكثيرين جَرّاءَ أمراضٍ تَنَفُّسِيَّة. وقد خَفَّضَت قوانينُ مُكافَحةِ التلَوُّثِ حِدَّةَ وعِدَّةَ نَوباتِ الضُّخان، لكِنَّ هذه النَّوباتِ لا تَزالُ تَزيدُ من مُعَدَّلاتِ الوَفَيات، إضافةً إلى التسَبُّبِ في اهْتِياجِ العَيْنَيْن واسْتِثارةِ نَوْباتِ الرَّبْو.



الشبُّورةُ البَحْريَّةُ نَوعٌ من الضَّبابِ المُتَأفِّق الذي يتكَوَّنُ عندَ اِلتِقاءِ الهواءِ الرَّطْبِ الدافِئ بِتيَّارٍ مُحيطيٍّ بارِد - كما هنا، غَيْرَ بَعيدٍ عن السَّاحِلِ الكاليفورنيّ.

تَكَوُّنُ الضَّباب

يَتكوُّنُ الضَّبابُ المُتأَفِّقُ (المُتَحَرِّك أُفُقِيًّا) عندَ انسِيابِ الهواء الرَّطْبِ الدافِئ فوقَ سَطْحٍ بارِدٍ بَرًّا أو بَحْرًا. ويتكَوَّنُ الضَّبابُ الجَبْهيُّ عندَ اِلْتِقاءِ كُتْلَتَيْن من الهواءِ مُخْتَلِفتَي دَرجةِ الحرارة. ويتكَوَّنُ الضَّبابُ الإشعاعيُّ لَيلًا عندما يَفْقِدُ سَطْحُ الأرض بالإشْعاع الحرارةَ بِسُرعةٍ فيَبْرُدُ ويُبَرِّدُ الهواءَ الرَّطْبَ فوقَه. ويتكوَّن الضَّبابُ الإشعاعيُّ عادةً في المُنْخَفَضاتِ الأرضيَّة. ويتكَوَّنُ ضَبابُ السُّفوحِ عندما يَبْرُدُ الهواءُ الرَّطْبُ الصَّاعِدُ عَبْرَ المُنْحَدَراتِ والسُّفُوحِ الجبليَّة.

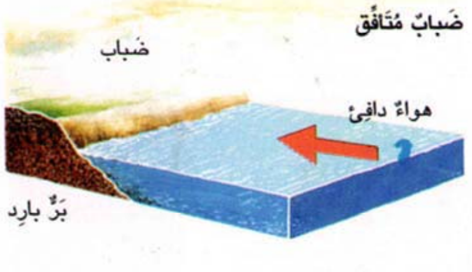
ضَبابٌ جَبْهيّ



ضَبابٌ سَفْحِيٌّ صاعِد



ضَبابٌ مُتَأفِّق



ضَبابٌ إشعاعيّ

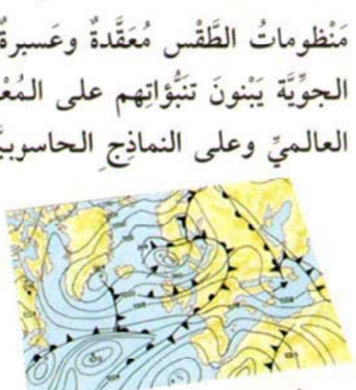


اُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 - 37
التنَبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس ص 42 - 43
الإنْكِسار ص 264 - 265

التنَبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس

مَنْظوماتُ الطَّقْس مُعَقَّدةٌ وعَسيرةٌ على التنَبُّؤ. والمُتَنَبِّئونَ العَصريّون بالأحوال الجوِّيَّة يَبْنونَ تنَبُّؤاتِهم على المُعْطَياتِ والمَعْلوماتِ عن الطَّقْس على النِّطاق العالميِّ وعلى النماذِجِ الحاسوبيَّة.



خريطةُ طَقْس

تَنْتُجُ مَنْظوماتُ الطَّقْس من شَعِّ الشَّمْس الذي يَعملُ كأنَّه مُحرِّكٌ حراريٌّ في الغِلافِ الجوِّيّ. فلو كانَ ضَوءُ الشَّمْس يسقُطُ باستِمرارٍ على أرضٍ مُنْتَظِمةِ الشَّكل لما كان يحدثُ أيُّ تغَيُّرٍ في أحوالِ الطَّقْس مُطلقًا. لكِنَّ شَعَّ الشَّمْس يختِلفُ بحسَب تواجُدِ السُّحب ونَوعِها، وكذلك بتوالي اللَّيلِ والنَّهار، واختِلافِ الفُصول وخُطوطِ العَرْض، إضافةً إلى أنَّ سَطحَ الأرض غيرُ مُنْتَظِم، فالمُحيطاتُ تَسْتوعِبُ حرارةً أكثرَ من البَرِّ الجافّ، وبذلك تعمل كمَخزَنِ حرارةٍ ليليّ. والبَرُّ يَسْخُنُ بِسُرعةٍ في شَعِّ الشَّمْس، لِذا فإنَّ الهواءَ الدافِئَ فوقَه يرتفِعُ خلالَ النهار، فيَحُلَّ محلَّهُ الهواءُ الرَّطْبُ من البَحْر. وعندما يَبْرُدُ الهواءُ الرَّطْبُ، تتكوَّنُ سُحُبٌ تَتساقَطُ منها الرُّطوبةُ مَطرًا أو شَفْشافًا أو بَرَدًا أو ثَلْجًا. وبتَغَيُّر مناسيب الرُّطوبةِ ودَرجة الحرارة تَنْتُج مَنْظوماتُ ضَغْطٍ عالٍ ورِياحٌ تتحكَّمُ في مَنْظوماتِ الطَّقْس حوْلَ الكُرةِ الأرضيَّة.



جَبْهةٌ دافِئة



جَبْهةٌ بارِدة



ايسوبار (خَطُّ تَساوي الضَّغْط الجوِّيّ)



سُرعةُ الرِّيح والغِطاءُ الغَيْميّ

تُستَخْدَمُ هذه الرُّموزُ في تَسْجيل المُعْطَياتِ على خرائطِ الطَّقْس. فأنصافُ الدوائر والمُثَلَّثاتُ تُبيِّن نمَطَ الجَبْهةِ واتِّجاهَها. والأيسوبار يَصِلُ بين المناطق حيثُ الضغطُ الجوِّيُّ مُتساوٍ في وقتٍ مُعيَّن.

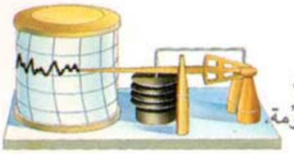
إجراءُ التنَبُّؤات

بِمَقْدور أيِّ شخصٍ أنْ يُصدِرَ نَشْرةً جوِّيَّةً تقريبيَّةً عن أحوال الطَّقْس في اليوم التالي بِمُجرَّدِ مُراقبةِ الطَّقْس بدِقَّةٍ في ذلك اليوم. إنَّ نَشْرةً جوِّيَّةً كهذه قد تَصِحُّ في سَبْعةِ أيَّام من عشرة، في المناطق بين المَدارَيْن والقُطْبَيْن. لكِنَّ التنَبُّؤَ بأوقاتِ حُدوثِ تغَيُّراتِ الطَّقْسِ أكثرُ فائدةً وأشَدُّ صُعُوبةً. هنالك طرائقُ تقليديَّةٌ عديدةٌ للتنَبُّؤ بتَغيُّراتِ الطَّقْس، وبَعضُها مِمَّا يُعَوَّلُ عليه إلى حدٍّ بَعيد. فالمَغيبُ الأحمَرُ الزاهي بَشيرٌ جَيِّدٌ بِتَحَسُّنِ الطَّقْس. ذلك لأنَّ مَنْظوماتِ الطَّقْس تأتي غالبًا من الغَرْب. واحْمرارَ السَّماء يُسَبِّبُه ضَوءُ الشَّمْس المارُّ عَبْرَ هواءٍ مُغْبَرٍّ جافٍّ في ما وراءَ الأُفقِ الغربيّ؛ وفي ذلك دَلالةٌ على توَقُّعِ طَقْسٍ جَميلٍ آتٍ. أمَّا حُمْرةُ السماءِ صَباحًا فتَحْدثُ عندما يسقُطُ شَعُّ الشَّمْس على السُّحُبِ من الشَّرْق، والطَّقْسُ الماطِرُ يَقْترِبُ من الغَرْب.

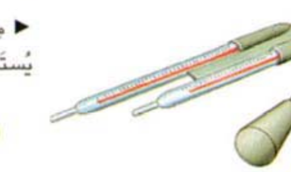
كما إنَّ سُلوكَ الحيَوانات قد يكونُ أيضًا مُؤَشِّرًا على تغَيُّرِ الطَّقس. فالماشيةُ، مثلًا، تَميلُ إلى الرُّقود عندَ اقْتِراب تساقُطِ المَطر، كما إنَّ طيُورَ البَحْر غالبًا ما تَنْساقُ إلى داخِلِ البَرِّ بِفعْلِ العواصفِ البَحْريَّة.



◄ مِرْياحٌ يَقيسُ سُرعةَ الرِّيح كما يُسَجِّلها تدويمُ الرِّيحِ لِأكوابِه حوْلَ المِحْور المَرْكزيّ.



◄ مِرْسَمةُ الضَّغْطِ الجوِّيّ تَستَخْدِمُ قَلَمًا لِتَسْجيلِ تغَيُّراتِ ضغطِ الهواء على أُسطوانةٍ مُدَوِّمة.

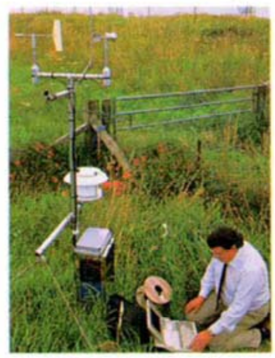


◄ مِرْطابُ البُصَيْلتين الرَّطْبةِ والجافَّةِ يُستَخدمُ لِقياس رُطوبةِ الهواء.

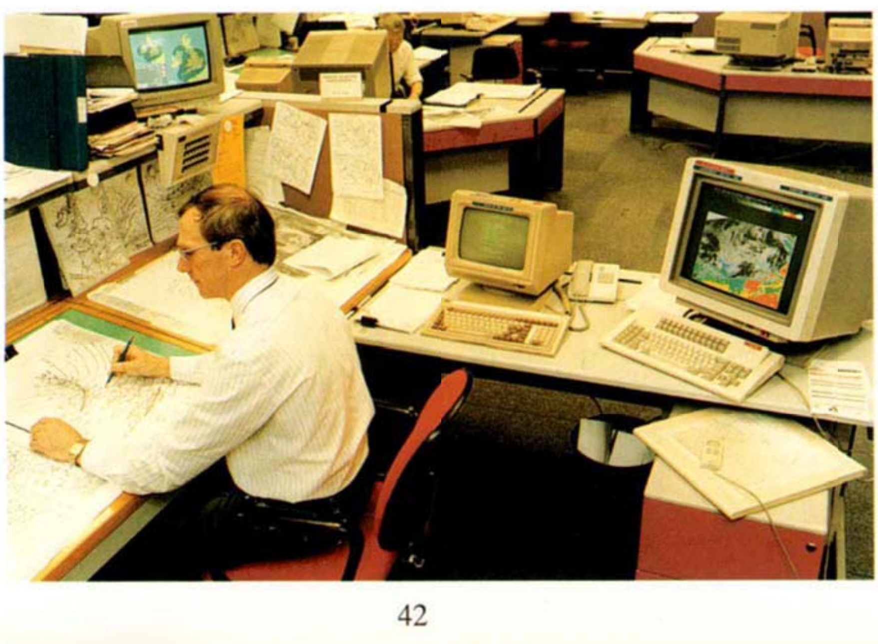


◄ التِّرْمومِتْر (المِحرار) يَقيسُ دَرجةَ حرارةِ الهواء.

أَجهزةُ القياس هذه كُلُّها تُسْتَخْدمُ في قياسِ سُرعةِ الرِّيحِ والضغطِ الجوِّيّ والرُّطوبةِ ودَرجةِ الحرارة. وهي المُؤَشِّراتُ الأربعةُ الرئيسيَّة التي يُستَدَلُّ بها عن أحوالِ الطَّقْس.



▲ هذا الأرصاديُّ يَستَخْدِمُ حاسُوبًا مَحْمُولًا لِتَجْميعِ مُعْطَياتٍ وبَياناتٍ من مَحطَّةِ رَصدٍ جَوِّيَّة. بعضُ مَحطَّاتِ الرَّصْد الجوِّيّ تُرسِلُ مُعْطَياتِها لاسِلْكيًّا (بالرَّاديو) أو سَواتِليًّا أو عَبْرَ خُطوطٍ هاتفيَّةٍ إلى مَكْتَبٍ مَرْكزيّ.



دائرةُ أرصادٍ جوِّيَّةٍ تَستَخْدِمُ المَعْلوماتِ المُتجَمِّعةَ من نبائطِ الرَّصْدِ الجوِّيّ لِتَسْجيلِ الأحوالِ الحاليَّة والتنَبُّؤِ بإمكانيَّةِ تغَيُّرِها. وتُسْهِمُ البرامِجُ الحاسوبيَّةُ في جَعْلِ هذه التنَبُّؤاتِ دَقيقةً قَدْرَ الإمكان. أمَّا تقاريرُ الأحوال الجوِّيَّة المُتَلْفَزةُ فتَسْتَخْدِمُ خرائطَ طَقْسٍ مُبَسَّطةٍ سَهْلةَ القِراءة. إنَّ تنَبُّؤاتِ الطَّقْس التي تَبثُّها مَحطَّاتُ التَّلْفزة والرَّاديو مُفيدةٌ بخاصَّةٍ لِلمُزارِعين والبُستانيِّين والملَّاحِين الذين هُم بِحاجةٍ دَومًا لأنْ يكونوا مُستَعِدِّينَ لِمُجابهةِ تقَلُّباتِ الطَّقْسِ المُفاجِئة.



طائرةُ رَصْدِ الطَّقس تَجْمَعُ عَيِّناتٍ هوائيَّةً أثناءَ طَيرانِها. هُنالك نَبيطةٌ راداريَّةٌ في ظَرْفٍ تحتَ هيكلِ الطائرة تكشفُ قَطَراتِ المَطَر وحَبَّاتِ البَرَد أثناءَ تكَوُّنِها داخِلَ السُّحُب.



الشبكةُ القوميَّةُ، في جامعة ولاية نيُويُورك، لِكَشْفِ البُروقِ والصواعِقِ تُوَفِّرُ مَعْلوماتٍ تُسْتَخْدَمُ في تَحويلِ وُجْهاتِ الطائرات وتَحْذيرِ شركاتِ إمدادِ القُدْرة.

التنبُّؤُ العِلميُّ بأحوالِ الطَّقس

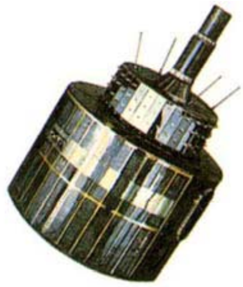
المُتنَبِّئونَ المُعاصرون بأحوالِ الطَّقس يَرْقُبونَ الأحوالَ الجوِّيَّةَ في آلافِ الأماكنِ المُختلِفة من شَبكةِ مَحطَّاتٍ دَوْليَّةٍ لِرَصْدِ الطَّقس، ومن مَناطيدَ وسواتِلَ عاليةِ الارْتِفاع. هذه المُعْطَياتُ تُلْقَمُ في حواسيبَ تَتَقَصَّى منها أنماطَ الطَّقس. مِثلُ هذه التنبُّؤاتِ قد تكونُ دَقيقةً إلى حَدٍّ مَعْقول على مَدى أسبُوعٍ تالٍ. لكنَّ التنبُّؤاتِ لِمَدًى أطولَ تَجْنَحُ غالبًا نحو عَدمِ الدِّقَّةِ بِسبَبِ التطوُّراتِ المُعقَّدةِ لِمَنْظوماتِ الطَّقس. فالحادثُ الصغيرُ الذي لا يُمكِنُ التنبُّؤُ به قد يُؤثِّرُ في كُلِّ المَراحِلِ التطوُّريَّةِ التاليةِ لِمَنْظومةِ الطَّقس، بحيثُ تَختلِفُ النتائجُ تمامًا عن التنبُّؤات. وهذا يُشَبَّهُ غالبًا بِرَفْرَفةِ جَناحَي فَراشةٍ على إحدى القارَّات والتسَبُّبِ في عاصفةٍ على قارَّةٍ أُخرى. بعضُ مُعِدِّي النَّشراتِ الجوِّيَّةِ يُحاولونَ التنبُّؤَ بأحوالِ الطَّقس وتَقلُّباتِه قبْلَ وُقُوعِها بشُهورٍ، بِمُراقبةِ التغيُّراتِ في نَشاطِ الشَّمْس، لكِنَّ مِثْلَ هذه التنبُّؤاتِ غالبًا ما يُجانِبُها الصَّواب.

تُسَيطِرُ على الطَّقس مناطِقُ من الضَّغْطِ الجوِّيِّ العالي والخَفيض. فالرِّياحُ تهُبُّ من مناطقِ الضغط العالي إلى مناطقِ الضغطِ الخَفيض. وبتأثيرِ دَورانِ الأرض، تَتَّخِذُ الرِّياحُ مَسارًا لَولبيًّا في مناطق الضغطِ الخفيض أشبَهَ بسَريانِ الماءِ في بالُوعةٍ أو مَصْرِف.

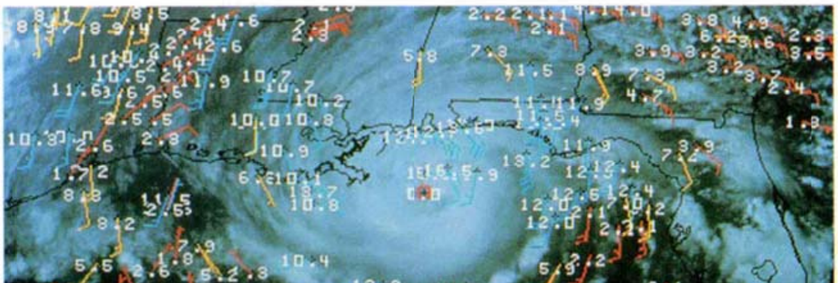
الجَبَهاتُ هي مَناطِقُ ٱلتِقاءِ كُتَلِ الهواءِ البارِدِ بكُتَلِ الهواءِ الدَّافئ. وحيثُ إنَّ الهواءَ السَّاخِنَ الأقلَّ كثافةً يرتَفِعُ صُعُدًا، فإنَّ الهواءَ الساخنَ في جَبْهةٍ دافئةٍ يرتَفِعُ فوقَ الهواءِ البارِد، فَتَكَوَّنُ الرُّطوبةُ التي يحمِلُها سُحُبًا ومَطَرًا. أمَّا في الجَبْهةِ الباردة فيَنْدَسُّ الهواءُ البارِدُ تحتَ الهواءِ الدافِئ ويَجعَلُه يرتَفِعُ بحِدَّةٍ مُرْسِلًا في الغالِبِ زَخَّاتٍ مُفاجِئةً من المَطَر الغزير – سُرعانَ ما يَعْقُبُها طقسٌ صَحو. وهكذا فإنَّه عندَ ٱلتِقاءِ جَبْهةٍ باردةٍ بِجَبْهةٍ دافئةٍ فإنَّ الهواءَ الدَّافِئَ يرتَفِعُ وتَتَلاشَى المَنْظومةُ الجَبْهيَّة.



هذا البالونُ المُعَبَّأُ بالهِلْيُوم يَحْمِلُ أجهزةً لِقياسِ دَرَجاتِ الحرارة والرُّطوبة. أمَّا سَطْحُه ذو النتُوءاتِ الشوكيَّة فيُكسِبُه استِقْرارًا أثناءَ الطَّيران.



▲ مَرْكَبةُ مِتْيوساتْ هذه هي واحِدةٌ من سِلْسِلةِ سواتِلِ رَصْدٍ جوِّيٍّ تَبُثُّ صُورًا لأنماطِ السُّحُبِ من مواقِعَ ثابتةٍ فوقَ سَطْحِ الأرض.



عندما ضَربَ إعصارُ فردريك خليجَ المكسيك في أيلول (سبتَمْبر) 1979، استَخْدَمَ سُوقُ البُورصة في نيويُورك هذه المَجْموعةَ من الصُّوَر السَّواتليَّة وقِيَمَ سُرعاتِ الرِّياح للتنبُّؤِ بالمَواقِعِ المُحْتَمَلةِ لِحُدوثِ أفدَحِ الأضرار. إنَّ مِثْلَ هذا النمَطِ من المَعْلومات ذو أهمِّيَّةٍ اقْتصاديَّةٍ لأنَّ أضرارَ الأعاصير بالزُّروعِ والمُمْتلكاتِ قد تُخَفِّضُ قيمةَ أَسْهُمِ المُؤَسَّساتِ الزِّراعيَّةِ بِحِدَّة.

أُنْظُر أيضًا

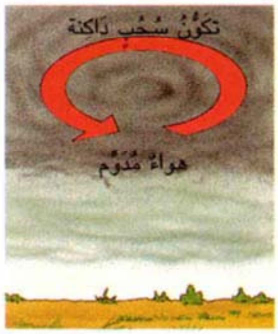
جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوِّي للأرض) ص 10 – 11
الضَّغْط ص 311
الحواسيب ص 376 – 377
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

الرِّياحُ والعَواصِفُ والفَيَضانات

الأنسامُ اللَّطيفةُ قد تكونُ مُنْعِشةً ومُستَلْطَفة. لكِنَّ الرِّياحَ القويَّة والعواصفَ والفَيَضاناتِ قد تَتَراوحُ بينَ كَوْنِها إزعاجًا بَسيطًا وبين كونها تهديدًا فعليًّا لِلحياةِ والمُمْتلكات.

قُوَّة	سُرعة (كم/سا)	تأثيرات
صِفْر	اقلّ من 1	هادئ. دُخانُ المَداخِنِ يَصْعَدُ عموديًّا.
1	5–1	هواءٌ خَفيف. الدُّخانُ يَنْحرِفُ لكِنَّ الأعلامَ لا تُرَفْرِف.
2	11–6	نَسيمٌ خَفيف. الدُّخانُ يُبيِّنُ اتِّجاهَ الرِّيح.
3	19–12	نَسيمٌ لَطيف. الأعلامُ تُرَفْرِفُ بلُطف، وأوراقُ الشَّجَرِ تتحَرَّك.
4	29–20	نَسيمٌ مُعْتَدل. قُصاصاتُ الوَرَقِ تَتَطاير.
5	39–30	رِيحٌ نَشِطة. الأشجارُ الصغيرةُ تَتَرَجَّح.
6	50–40	رِيحٌ قويّة. يَصْعُبُ التحَكُّمُ بالمِظلّات.
7	61–51	شِبْهُ النَّوْء. صُعوبةُ السَّيْرِ ضِدَّ الرِّيح.
8	74–62	نَوء. تَتَقَصَّفُ الأغصانُ الطريَّة.
9	87–75	نَوْءٌ عَنيف. المداخِنُ تَنْقَلِبُ والسُّقوفُ تتضَرَّر.
10	102–88	عاصِفة. تُقْتَلَعُ الأشجارُ لكِنْ تظَلُّ في مَواقِعِها.
11	120–103	عاصفةٌ عَنيفة. تُقْتَلَعُ الأشجارُ وتُحْمَلُ السيّاراتُ والأشجارُ بَعيدًا عن مَواقِعِها.
12	اكثَر من 120	إعصار. دَمارٌ شامِلٌ واسِعُ النِّطاق.

في العام 1805، ابْتَكرَ الأميرالُ البريطانيُّ السِّير فرانْسيس بُوفُورْت (1774–1857) مِقياسَه لقياسِ قُوَّة الرِّياح. ولا يزالُ مِقياسُ بُوفُورْت مُسْتَخْدَمًا على نِطاقٍ واسِعٍ حتَّى اليوم.



تَدْويمُ السُّحُبِ يُصْبِحُ مَرْئيًّا في السَّماءِ الداكِنة.

أنماطُ الرِّياحِ على سَطْحِ الأرضِ هي جزءٌ من نَمطٍ مُجَسَّمٍ (ثُلاثيِّ الأبعاد) لِتَدْويمِ الهواءِ في جَوِّ الأرض. فحَوْلَ خطِّ الاستِواء، حيثُ شَعُّ الشَّمسِ الأقوى، يَرتَفِعُ الهواءُ الدافئ؛ وقد تكونُ سُرعاتُ الرياحِ الأُفقيَّةُ خفيضةً. ويُسَمِّي البَحّارةُ هذه المناطِقَ نِطاقَ الرَّهْوِ الإستِوائيّ. التيّارُ الصاعِدُ من الهواءِ في نِطاقِ خَطِّ الإستِواءِ يَسْتَجِرُّ الهواءَ فوقَ المناطقِ المَداريَّةِ مُحْدِثًا رِياحًا تِجاريَّةً يُركَنُ إليها من الشَّمالِ الشرقيِّ في مَدارِ السَّرطانِ ومن الجَنوبِ الشرقيِّ في مَدارِ الجَدْي. أمّا العُروضُ الجُغرافيَّةُ الأعلى فتَسُودها رِياحٌ من الغَرْب. وفي بعضِ المناطِقِ تَهُبُّ رياحٌ مَوسِميَّةٌ قويَّةٌ أُطلِقَ عليها لِشُهْرَتِها أسماءٌ خاصَّة. ففي أوروبا الجَنوبيَّةِ تَهُبُّ رِيحُ المِسْترال وهي رِيحٌ شماليَّةٌ باردة تَنْسابُ عَبْرَ أوْدِيةِ نَهْرِ الرُّون والأنهارِ الأُخرى. وفي إفريقية الغربيَّة تَهُبُّ رِيحٌ شرقيَّةٌ جافَّةٌ تُسَمَّى باللغةِ المحليَّةِ الهَرْمَتان بمعنى «الطبيب»، لأنَّها تجلِبُ الفَرَجَ من الظُّروفِ الرَّطْبة.



القِمْعُ المُدَوِّمُ يَتمَعَّجُ كالحيَّةِ نُزُولًا من السَّحابة.

الطُّرْنادات

الجيُوبُ الهوائيَّةُ المُتَسَخِّنَةُ تتمَدَّدُ وتَرْتَفِعُ مُدَوِّمةً ومُسْتَجِرَّةً مَزيدًا من الهواءِ نحوَ أسفَلِها. ويَبْدأُ الطُّرْنادُ عادةً داخلَ سُحُبٍ رَعْديَّة، حيثُ تَتلاقَى تيّاراتُ الهواءِ الدافئةُ والباردة في مَنْظومةٍ تدويميَّةٍ تُسَمَّى خليَّةً فائقة. وعندما تَسْتَفِطُ الخليَّةُ الفائقةُ هواءً من الأسفَلِ بِسُرعةٍ مُتَزايدةٍ يمتدُّ قِمْعٌ من قاعِدةِ السَّحابة حتَّى يَلْتَقِي بالأرض. ويَكُونُ السَّفْطُ داخلَ القِمْعِ هائلًا بحَيثُ إنَّ سُرعاتِ ريحٍ فيه تَفوقُ 480 كم في السَّاعة (أو 133 م في الثانية) ليست غيرَ عاديَّة. بعضُ الطُّرْناداتِ يُدَوِّمُ ساعاتٍ، وبَعْضُها الآخر يَخْمُدُ في غُضونِ بِضْعِ ثوانٍ. وقد يَتراوحُ قُطْرُ قاعدةِ الإعصارِ الدُّواميِّ بين بِضْعةِ أمتارٍ وكيلومترٍ واحد.

يُسَمَّى الوَسَطُ الغَرْبيُّ من الولايات المتّحدة الأمريكيَّةِ أحيانًا مَسْرَبَ الطُّرْنادات. فمِئاتُ الطُّرْناداتِ تَضْرِبُ المِنْطقةَ سَنَويًّا نَتيجةً لِتَلاقي الهواءِ الرَّطْبِ الحارِّ من خليجِ المكسيك معَ الهواءِ الباردِ الجافِّ من كَنَدا.

وفي 19 نيسان (أبريل) من عام 1965، عَصَفَ ما مَجموعُه 37 طُرْنادًا بِسِتِّ وِلاياتٍ أمريكيَّة خِلالَ تِسْعِ ساعاتٍ، فأودَت بِحياة 271 شخصًا.

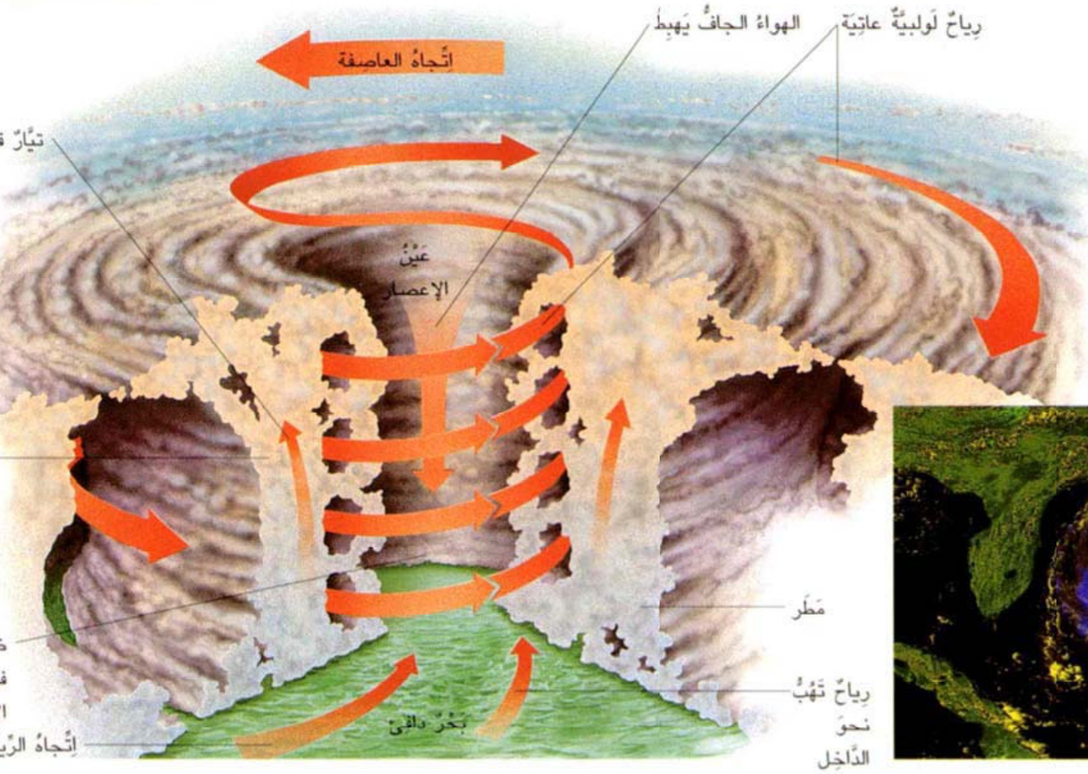


يَمَسُّ القِمْعُ سَطْحَ الأرض ويَسْتَفِطُ الأنْقاضَ والحُطام.

▲ الطُّرْنادُ قد يَنْتُجُ من اصْطدامِ مَنْظومتَي رياحٍ مُنْطَلِقَتَيْنِ في اتِّجاهَيْنِ مُخْتلِفَيْن. وأوَّلُ العَلاماتِ على تَشكُّلِ طُرْنادٍ هي بَدْءُ طَبقةٍ من السُّحُبِ الدّاكنة بالتَّدْويم. ثُمَّ يَهْبِطُ قِمْعٌ مُدَوِّمٌ من الهواءِ الدافئ إلى سَطْحِ الأرض. ويَسْتَفِطُ التيّارُ الحلزونيُّ الصاعِدُ الغُبارَ والأنْقاضَ ويُطَوِّحُ بها بِسُرعةٍ عالية.



الرِّياحُ الفائقةُ السُّرعة حوْلَ الطُّرْناد، بحَدِّ ذاتِها، قد تُسَبِّبُ ضَرَرًا ودمارًا. ويَتفاقمُ الضررُ بِفِعل الأنقاضِ والحُطام السَّريعةِ الحركة المُسْتَفَطةِ عَبْرَ قِمْعِ الطُّرْناد. يُضافُ إلى ذلك خَطَرُ تَفَجُّرِ المَباني المُحكَمةِ الإغلاقِ بضَغْطِ الهواءِ المُحْتَبِسِ داخِلَها إن تواجَدتْ في نطاقِ قِمْعِ الطُّرْنادِ الخفيضِ الضَّغْط.



يَرْتَفِعُ لَولبٌ من الهواءِ الرَّطْبِ الدافِئِ المُدَوَّم بِسُرعةٍ في الإعصار. ويَهْبِطُ هواءٌ جافٌّ عَبْرَ عينِ العاصِفةِ حيثُ الطقسُ فيها مُضَلِّلٌ بِهدوئه وصَفاءِ سَمائه. وتَتَراكَمُ حوْلَ عَيْنِ الإعصار سُحُبٌ مُزْنيَّةٌ رُكاميَّةٌ ضَخْمةٌ شامِخَةٌ في الجَوِّ مُحْدِثةً بَرْقًا ورَعْدًا وأمطارًا غزيرةً.



هذه الصُّورةُ السَّواتليَّة (المُلْتَقطةُ من أحدِ السَّواتل) تُبيِّنُ إعصارَ فْرَان مُنْطلِقًا من البَحْر الكريبيّ ومُقارِبًا البَرَّ الرئيسيَّ لِلشَّمال الأمريكيّ عامَ 1996. وتُشاهَدُ عَيْنُ الإعصار بِوُضوحٍ كرُقْعةٍ صافِيَةٍ في مَرْكَزِ لَولبِ السُّحُب. هذا الإعصارُ الذي بلغَت سُرعةُ الرِّياحِ فيه 190 كم/سا، أودَى بحياةِ 34 شخصًا.

الأعاصيرُ المَداريَّة

الأعاصيرُ المَداريَّةُ تُحْدِثُ دَمارًا أوسَعَ نِطاقًا من الطُّرْنادات. تَحْدُثُ مُعْظَمُ الأعاصيرِ المَداريَّة أواخِرَ الصَّيْف. وذلك عندما تكونُ دَرَجاتُ حرارةِ البَحْر في حَدِّها الأقْصى، وبمَقدور مِئاتِ المَنْظوماتِ الإعصاريَّة التضامُّ معًا والتدويمُ في مَنْظومةٍ مُفردةٍ فائقةِ الضَّغْطِ الخَفيض يَبْلُغُ قُطْرُها أحيانًا مِئاتِ الكيلومترات. وبِازْديادِ سُرعةِ الرِّياح تَنْزِعُ الأعاصيرُ المَداريَّةُ إلى الابْتِعادِ عن خَطِّ الاستِواء. وهي تَسْتَجْمِعُ قُواها فوقَ البِحارِ الدافئة حتَّى تَضْرِبَ اليابسة.

هذه الأعاصيرُ تُدَوِّمُ بَتًّا (ضِدَّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة) في نِصْفِ الكُرَةِ الشماليّ، ويُرَجَّحُ حدوثُها غالبًا بينَ شَهْرَي آب (أغسطس) وتِشرين الأوَّل (أكتوبر).

في نِصْفِ الكُرَةِ الجَنوبيّ، تُدَوِّمُ الأعاصيرُ المَداريَّةُ شَزْرًا (باتِّجاه عقارِب السَّاعة) وتَحْدُثُ في الغالِب بينَ شَهْرَي كانون الثاني (يناير) ونيسان (أبريل). وهي تُسَمَّى تَيْفُوناتٍ عندما تَحْدُثُ غيْرَ بعيدٍ عن السَّاحلِ الآسيَوِيِّ الجنوبيِّ الشَّرْقيّ.

في جميعِ حالاتِها، تَجْلِبُ الأعاصيرُ المَداريَّةُ أمطارًا غزيرةً وسُرعاتِ رِياحٍ تَبْلُغُ 200 كم/سا أو أكثر - في حين يُدوِّمُ هواءٌ ساخنٌ حَولَ المَنْظومةِ الإعصاريَّة. وحيثُ إنَّها مناطقُ ضَغْطٍ خَفيض، فإنَّ الأعاصيرَ المَداريَّةَ تَرْفَعُ مُسْتَوى سَطْحِ البَحْرِ تَحْتَها، وقد تُحدِثُ فَيَضاناتٍ مُدَمِّرةً - تُسَمَّى تَمَوُّراتٍ إعصاريَّةً إذا ما اكتسحَت خُطوطًا ساحِليَّةً تَفْتَقِرُ إلى مَصَدَّاتٍ مَنِيعة.

الفَيَضانات

التَمَوُّراتُ الإعصاريَّةُ لَيسَتِ السَّبَبَ الوَحيدَ للفَيَضانات. ففي المناطقِ الجَبليَّةِ قد تَتَدفقُ الفَيَضاناتُ الوَمْضِيَّةُ نُزُولًا عَبْرَ الأوديةِ الشديدةِ الانْحدار بعْدَ هُطولِ مَطَرٍ غَزيرٍ أو عِندَ انْصِهارِ الثَّلْجِ سَريعًا. أيضًا قد تَفيضُ الأنهارُ فتتجاوزُ ضِفافَها وتَغْمُرُ سُهولًا شاسِعة. كذلك قد تَتَضافَرُ عوامِلُ انْخفاضِ الضغط وارْتفاعِ المَدِّ ورياحٍ ساحِليَّةٍ عاتيةٍ - فتَكْتَسِحُ الفَيَضاناتُ الخُطوطَ السَّاحليَّة. ففي عام 1953، دفعَتِ الرِّياحُ العاصِفةُ والمَدُّ العالي إسْفينًا مائيًّا نُزُولًا عَبْرَ بَحْرِ الشَّمال نحوَ سَواحِلِ شرق إنكلترا وهولَنْدا وبلجيكا. فانهارتِ المَصدَّاتُ البَحْريَّةُ فيها واكتَسحَت مِياهُ البَحْر العارِمةُ المناطِقَ الشاطئيَّةَ إلى عُمْقِ 60 كم. وإذا يَتسَبَّبُ الحمُوُّ العالميُّ في ارْتِفاعِ مُسْتَوياتِ سَطْحِ البَحْر، فقد تُصبِحُ مِثلُ هذه الفَيَضاناتِ أكثرَ تكرارًا؛ وقد تَبْتَلِعُ البِحارُ جُزُرًا مَرْجانيَّةً خَفيضةً كجُزُرِ المَلْديف وأجزاءً من بُلدانٍ كبَنْغلادِش وهولَنْدا.



الفَيَضاناتُ الجائحةُ الكارثيَّة حَدَثٌ سَنَويٌّ تَقريبًا في بَنْغلادِش وفي بُلدانٍ عديدةٍ أُخرى تُعاني من الأعاصيرِ المَداريَّة. وممَّا يؤسَفُ له أنَّ الكثيرَ من أمثالِ هذه البُلدان أفقَرُ من أنْ تَتمَكَّنَ من بناءِ مَصَدَّاتٍ تَقي من هذه الفَيَضانات.

اُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوّي للأرض) ص 10-11
المُناخ ص 36-37
التَنَبُّؤ بأحوال الطَّقس 42-43

الخَرائطُ وإعدادُ الخرائط

الخرائط رسومٌ بَيانيَّةٌ تُمثِّلُ سَطْحَ الأرض. وقد تحسَّنَت طُرقُ إعدادِ الخرائط باستِخْدامِ التِّقاناتِ الحديثة والصُّورِ الجوِّيَّة من السَّواتِلِ الفَضائيَّة.



الخرائطيُّ البلجيكيُّ (الفَلَمنكيّ)، جيراردُوس مِركاتور (1512–1594)، كان أوَّلَ مَن ٱنْتَبطَ طريقةً دقيقةً جَيِّدةً نوعًا لِتَمْثيلِ سَطْحِ الأرض.

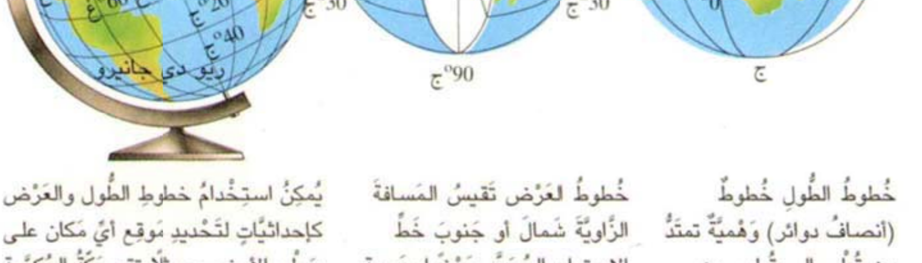
تُسْتَخْدَمُ الخرائطُ لِتُمَثِّلَ مُختلِفَ أنواعِ المَعْلومات الجُغرافيَّة تَقريبًا، وحيثُ إنَّ الأرضَ مُجَسَّمٌ ثُلاثيُّ الأبعاد فإنَّه لا يُمكِنُ عَرْضُ كاملِ سطحِ الأرض دُونَ تحريفٍ بطريقةٍ ما. ونَتيجةً لِذلك، فإنَّ مُعْظَمَ الخرائطِ تَعْرِضُ مِساحةً مَحْدُودةً لِغَرضٍ مُعَيَّن. إنَّ رَسْمَ خرائطَ مَرْجِعيَّةٍ عالميَّةٍ مُمكِنٌ؛ لكِنَّ ذلك يَتطلَّبُ ٱخْتيارَ مَسْقَطٍ يُمَثِّلُ أقسامَ العالَم المُهِمَّةَ لِمَوضوعِ الخريطةِ أفضَلَ تَمْثيل.

تَجْميعُ بَياناتِ الخرائط

التِّقاناتُ الحديثةُ، كالتصوير الجوِّيّ والرَّصْدِ السواتِليّ، جعلَت حتَّى من أكثَرِ الخرائطِ تَعْقيدًا، حقيقةً واقِعة. لكِنَّ تِقانيَّاتِ إعدادِ الخرائطِ التقليديَّة، كَمَسْحِ الأراضي، لا تَزالُ تُشكِّلُ جُزْءًا أساسيًّا من هذه العمليَّة. ولِجَعْلِ أيِّ خريطةٍ مَرْجِعًا مُفيدًا، يَنْبغي أنْ يوجَدَ عليها شَبَكةُ إحداثيَّاتٍ يُمكِنُ منها تَعْيينُ أيِّ مِنْطقةٍ على سَطْحِ الأرض. وقَبْلَ تَمَكُّنِ الخرائطيِّين من استِخْدامِ وسائلَ كالتَّصْوير الجوِّيّ، كان تَرسيمُ شبكةِ الإحداثيَّات يتِمُّ بطريقةِ المِساحةِ التثليثيَّة التي تُمَكِّنُ من قياسِ الزوايا بين مَعالِمَ أرضيَّةٍ بارزةٍ كقِمَمِ التِّلال. فبهذه الطريقة، يُمكِنُ ٱحْتِسابُ المَسافاتِ بينَ مُخْتلِفِ النِّقاطِ المَرْجِعيَّةِ دونَ الحاجةِ إلى أخذِ القياساتِ على الأرض.



المَسْقَطُ المِركاتوريّ يُبيِّنُ المناطِقَ الاستوائيَّةَ بِدِقَّةٍ مُتَناهية. لكِنْ بازدِيادِ البُعد عن خطِّ الاستِواء يَزداد تَحَرُّفُ القارَّاتِ بحيثُ تَبْدو غْرينلَنْد اكبَرَ مساحةً من إفريقية.



خُطوطُ الطُّولِ خُطوطٌ (أنصافُ دوائر) وَهْميَّةٌ تمتَدُّ من قُطْبٍ إلى قُطب. وهي تَقيسُ المسافةَ الزَّاويَّةَ شَرْقَ أو غَرْبَ خَطِّ زَوالِ غْرينِتش المُحَدَّدِ بدَرجةِ صِفْر.

خُطوطُ العَرْض تَقيسُ المَسافةَ الزَّاويَّةَ شَمالَ أو جَنوبَ خَطِّ الإستِواء، المُحَدَّدِ عَرْضًا بدَرجةِ صِفْر. خُطوطُ العَرْضِ مُتوازيةٌ معًا ومع خطِّ الاستِواء. وهي تَغْدو أقْصرَ فاقْصرَ نحوَ القُطْبَيْن.

يُمكِنُ استِخْدامُ خطوطِ الطُّولِ والعَرْض كإحداثيَّاتٍ لتَحْديدِ مَوقعِ أيِّ مَكانٍ على سَطْحِ الأرض – مثلًا تقع مَكَّةُ المُكَرَّمة بينَ مُلتقى خطِّ العَرْض 22,2° شمالًا مع خطِّ الطُّول 39,8° شرقًا وبين مُلتقى خطِّ العَرْض 28,21° مع خطِّ الطول 54,37°.



يَرْجِعُ تاريخُ هذه الخريطةِ إلى عام 1540؛ وهي من إعدادِ الخَرائطيِّ البُنْدُقيِّ باتيسْتا أَغْنيزي. ورُغْمَ أنَّ نِسَبَها مُحَرَّفةٌ فإنَّ السَّاحلَ الإفريقيَّ ما زالَ واضِحَ المعالِم. وفي القَرْنِ السادِسَ عَشَرَ لم يَكُنْ قد جَرى سِوى تخطيطِ أجزاءٍ قليلةٍ جدًّا من الأمريكيَّتَيْن.

وتُبَيَّنُ الارْتِفاعاتُ عادةً كخُطوطٍ كِفافيَّةٍ تَصِلُ بين نِقاطٍ ذاتِ ٱرْتِفاعاتٍ مُتَماثِلة.

خُطوطُ العَرْض والطُّول

يُوَفِّرُ خطُّ الاستِواء النِّقاطَ المَرْجِعيَّةَ الأوضَحَ على سَطْحِ الأرض. فتُقاسُ خُطوطُ العَرْض بزوايا مُحَدَّدةٍ شَماليَّ أو جَنوبيَّ خطِّ الاستِواء. وتقسِمُ خُطوطُ الطُّول الأرضَ عَبْرَ كُلِّ قُطْبٍ كما الشَّقَفُ في بُرْتُقالةٍ مُشَرَّحة طُولًا. ولمّا لَمْ يَكُنْ لَدى المَلَّاحين الإنكليز نُقْطةٌ مَرْجِعيَّةٌ مَعلميَّةٌ واضِحةٌ لِخُطوطِ الطُّول، فقد اختاروا مَوقِعَ مَرْفئهم الوَطَنيّ – غرينِتش قُربَ لَنْدن – كمَرجعِ إسناد. وكان من دأبِ جَوَّابي البحارِ قياسُ العُروضِ الجُغرافيَّةِ باحتِسابِ ٱرْتِفاعاتِ النُّجوم في السَّماء أو مَوقعِ الشَّمْس عندَ الشُّروقِ أو المَغيبِ أو السَّمتِ عند الظَّهيرة. ولَمْ تَتحقَّقْ إمكانيَّةُ قياسِ خُطوطِ الطُّول بدِقَّةٍ، ومن ثَمَّ إعدادُ الخرائطِ الدَّقيقة، إلَّا بعْدَ أنْ تَمكَّنَ جُون هاريسُون (1693–1776) من تَحقيقِ كماليَّةِ الكرونُومِتْر البَحْريّ (مقياس الزَّمن الدقيق) المُسْتَخْدَم، حتَّى اليوم، لِتحديدِ مَوقعِ المَلَّاحِ بدِقَّةٍ في البَحْرِ أو الجَوّ.



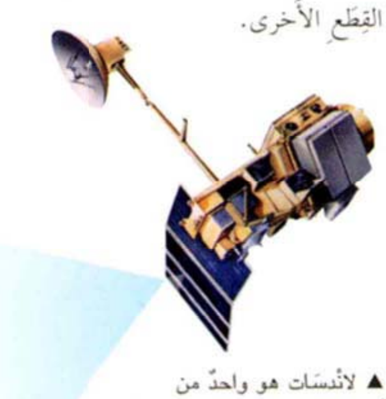
تُخْتَزَنُ المَعْلوماتُ والبَياناتُ الخرائطيَّةُ المُتَجمِّعةُ من عمليَّاتِ مَسْحِ الأراضي والتَّصْوير الجوِّيّ من السَّواتِل وتُتَداوَلُ باستِخْدامِ برامجيَّاتٍ حاسوبيَّةٍ تُعْرَفُ بمَنْظوماتِ المَعْلوماتِ الجُغْرافيَّة (م م ج).

مِقياسُ الرَّسْم

يجبُ رَسْمُ كُلِّ الخرائط بمِقياسِ رَسْمٍ مُحَدَّد. فبالمقياسِ الكبيرِ يُمكِنُ رَسْمُ الأَجْسام، كالطرُقِ والمَباني، بأشكالِها في الواقعِ الحَياتيّ – لكِنْ بصُورةٍ أصغَر. وعندما يَصْغُر المِقياسُ، لا يُمكِنُ رَسْمُ المَعْلوماتِ المُفَصَّلةِ بدِقَّة؛ فتُمَثَّلُ معظمُ الأَجْسام برُموز. يُعَبَّرُ عن مَقاييسِ الرَّسمِ عادةً كنِسْبةٍ بين البُعْدِ على الخريطة وما يُناظِرُه من بُعْدٍ حقيقيّ على سَطْحِ الأرض. وتُستَخْدَمُ في رَسْمِ الخرائطِ مَقاييسُ رَسْمٍ حَسَبَ مُقْتَضياتِها. فالمُسافِرُ الذي يُخَطِّطُ لِرِحْلةٍ طويلةٍ قد يَستَخْدِمُ مِقياسَ الرَّسْم 1: 000 250 مثلًا.

مَساقِطُ الخَرائط

إنَّ تَمْثيلَ سَطْحِ جِسْمٍ ثُلاثيِّ الأبعاد، كالأرض، على سَطْحٍ ثُنائيِّ الأَبْعادِ كوَرَقة، غيْرُ مُمْكِنٍ في واقِعِ الحال. لِذا، ابْتَدَعَ الخرائطيُّون مَساقِطَ رَسْمٍ مُتَنوِّعة. تَخَيَّلْ مَصْدرَ ضَوءٍ في مَرْكزِ كُرَةٍ أرْضيَّةٍ شَفَّافة – فالضَّوءُ المُشِعُّ سَيُسْقِطُ ظِلالَ القارَّاتِ على قِطْعةِ الوَرَقِ المَلْفوفةِ حولَ الكُرة. إنَّ أحدَ الأساليبِ للقيامِ بذلك هو لَفُّ الوَرَقةِ حوْلَ خطِّ الاستِواء لِتُشكِّلَ أُسْطوانةً. وبهذه الطريقةِ تمَكَّنَ الخَرائطيُّ الفَلَمَنْكيُّ، جيراردُوس مِرْكاتُور من رَسْمِ أوَّلِ خريطةٍ دقيقةٍ عامَ 1569. حاليًّا يُسْتَخْدَمُ إسقاطُ غُوود كأفضَلِ طريقةٍ لِرَسْمِ خريطةِ الأرض. فتَبدو الخريطةُ كقِشْرةِ بُرْتُقالةٍ كاملةٍ أُزيلَت وبُسِطَت مُسَطَّحةً. فتَظْهَرُ القارَّاتُ بدِقَّة؛ لكِنَّ المُحيطاتِ تُفَسَّحُ لِبَسْطِ القِطَعِ الأُخرى.



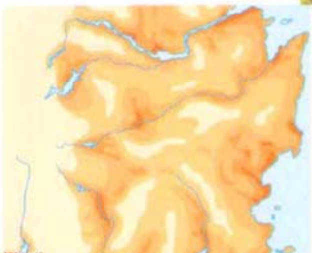
▲ لانْدسَات هو واحدٌ من أُسْطولِ السَّواتِلِ الدوليَّةِ البُعاديَّةِ التَّحَسُّسِ التي تَلْتَقِطُ صُورًا لِسَطْحِ الأرض باستِمْرارٍ وتُعيدُ بَثَّها إلى الأرض. وقد حسَّنَت هذه المُعْطَياتُ دِقَّةَ القياساتِ الجُغْرافيَّةِ إلى حَدٍّ بعيدٍ في السنَواتِ الأخيرة.

قِراءةُ الخرائط

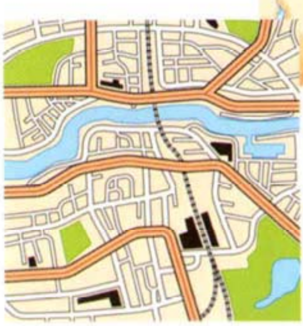
يُمكِنُ تلخيصُ أيِّ نَوعٍ من المَعْلومات الجُغْرافيَّة تقريبًا بالخرائط. فيُمكِنُ مثلًا تمثيلُ مُختلفِ الارتفاعات بالخطوطِ الكِفافيَّةِ أو التَّظْليل. كذلك فإنَّ مَعْلوماتٍ أُخرى كتَوزُّعِ الزُّروع في المِنْطقة، أو إبرازِ بِنْيَتِها الجيولوجيَّة، غالبًا ما تُبيَّنُ على الخرائط. كما تُبيِّنُ أيضًا الطُّرقُ والسِّكَكُ الحديديَّةُ والكثافةُ السُّكَّانيَّةُ وسِواها من المَعْلومات.



▲ خَرائطُ التَّضاريسِ تُبْرِزُ المَعالِمَ الطبيعيَّةَ لِسَطْحِ الأرض. معظمُ خرائطِ التَّضاريسِ الحديثةِ تَشْمَلُ مَعالِمَ كالأنهارِ والسُّهولِ والتِّلالِ والجِبال.



◄ هنا، الكثافةُ السُّكَّانيَّةُ مُبَيَّنةٌ بالألوان. الألوانُ الدَّاكِنةُ تُبيِّنُ المناطقَ ذاتَ الكثافةِ السكَّانيَّةِ الأعلى.



▲ خَرائطُ الطُّرقِ والمُدُن قد تُبيِّنُ المَباني والشَّوارعَ والسِّكَكَ الحديديَّة. وأمثالُ هذه الخرائطِ هي دَليلٌ مُفيدٌ يُساعدُ السُّيَّاحَ على تعَرُّفِ طرُقِهم حولَ المُدُنِ الكبيرة.

الخرائطيَّةُ الحديثة

حاليًّا، تُوفِّرُ الصُّورُ الجوِّيَّةُ، المُلْتَقطةُ من السَّواتِل، الإطارَ الرئيسيَّ لِكافَّةِ البياناتِ الخرائطيَّة. وتُخْتَزَنُ المَعْلوماتُ في ذاكرةِ حاسوبٍ حيثُ يُمكِنُ تَحْديثُها بسُرعةٍ دُونَ الحاجةِ إلى إعادةِ رَسْمِ كُلِّ خريطةٍ مُجدَّدًا. حاليًّا، هناك شَبكةٌ من السَّواتِلِ في مَدارٍ خَفيضٍ حوْلَ الأرض تَقومُ برِسْمِ خرائطَ لِسَطْحِ كوكبِ الأرض كُلَّ بِضْعةِ أيَّام. وتتَمكَّنُ مِجَسَّاتُها من تَسْجيلِ حَركاتِ الزَّلازلِ وفضاءاتِ الحِراجِ وأوضاعِ الزُّروعِ وحتَّى الجيُولوجيَةِ التَّحْتيَّةِ للمِنْطقة. لكِنْ يَنْبَغي دَومًا تواجُدُ العُلَماءِ في قواعِدِهم الأرضيَّةِ لِتَلَقِّي هذه المُعطَياتِ من السَّواتِلِ وتفسيرِها، ومُراقبةِ وَجْهِ كوكبِنا المُتَغيِّرِ باستِمْرار.



◄ هذه الصُّورةُ الجوِّيَّةُ (السواتِليَّةُ) تُبَيِّنُ خليجَ سانْ فرنسيسْكو في كاليفورنيا. وتَذَكَّر أنَّ صَدْعَ سانْ أندرياس – الذي يُشكِّلُ دومًا تَهْديدًا زِلْزاليًّا مُحْتَمَلًا – يَمُرُّ عَبْرَ تِلالِ هذا الخليج؛ وهو دومًا قيدُ المُراقبةِ الدقيقةِ من الفَضاء.

أُنْظُر أيضًا

الزَّلازل ص 20 – 21
السَّواتِلُ الإصْطِناعيَّة ص 424 – 425
نُطُقُ الفِعْلِ البيئيّ ص 436 – 437

حَقائقُ وأَرقام

مَعلوماتٌ عن كَوكَب الأَرض

القُطْرُ الإستوائيّ	12 756 كم
القُطْرُ القُطْبيّ	12 714 كم
المُحيطُ الإستوائيّ	40 077 كم
حَجْمُ الأرض	$1,083 \times 10^{12}$ كم^3
كُتْلةُ الأرض	$5,98 \times 10^{24}$ كغ
مُعَدَّلُ الكثافة النسبيّة	5,52 (الماء = 1,0)
الجاذِبيّةُ السَّطحيّة	9,78 م/ثا^2
سُرعةُ الإفلات	11,18 كم/ثا
طولُ اليَوم	23 سا 56 د 4,1 ثا
طولُ السَّنة	365,24 يومًا
المَيْلُ المِحْوَريّ	23,44 درجة
السُّرعةُ المِحْوريّةُ عندَ خطِّ الإستِواء	1600 كم/سا
مُعدَّلُ درجة الحرارة	14° س
العُمْر	4600 مِليون سَنة تقريبًا
مُعدَّلُ البُعْد عن الشَّمْس	149 503 000 كم
البُعْد الأدنى	147 000 000 كم
البُعْد الأقصى	152 000 000 كم
طولُ المَدار	938 900 000 كم
السُّرعةُ المَداريّة	106 000 كم/سا
المِساحةُ السَّطحيّة	510 ملايين كم^2
مِساحةُ اليابسة	148 مليون كم^2
مِساحةُ البِحار والمُحيطات	71% من السَّطح
كُتْلةُ الماء	$1,35 \times 10^{21}$ كغ
العُمْقُ المُحيطيّ	3,8 كم
تركيبُ الغلاف الجوّيّ	87% ن$_2$ 21% أ$_2$
سُمكُ الغِلاف الجوّيّ	1100 كم
الضَّغْطُ الجوّيُّ في مُستوى سَطْح البَحْر	101 325 باسكال (نيوتن/م^2)
الضَّغْطُ الجوّيُّ على قِمّة جبَل إفِرِسْت	33 400 باسكال

بِنْيةُ الأرض

مُعدَّلُ سُمكِ القِشْرة القارِّيّة	35 كم
مُعدَّلُ سُمكِ القِشْرة المُحيطيّة	7 كم
الغِلافُ الصَّخريّ – السُّمك	100 كم
الكثافة النِّسْبيّة	2,7–3

تركيب الغلاف الصَّخريّ

46,6% اكسجين، 27,7% سليكون
8,1% ألومنيوم، 5,0% حديد
3,6% كالسيوم، 2,6% پوتاسيوم
2,8% صوديوم، 2,1% مغنسيوم

الدِّثار – السُّمْك	2900 كم
دَرجةُ الحرارة (عند القاعدة)	3000° س
الكثافة النِّسْبيّة	3,3–6,0

التركيب: سليكات الحديد والمَغْنسيُوم

اللُّبُّ الخارجيّ – السُّمْك	2200 كم
دَرجةُ الحرارة (عند القاعدة)	4000° س
الكثافة النِّسْبيّة	10

التركيب: حديد مَصْهور، وكميّاتٌ نَزْرة من النيكل

اللُّبُّ الداخليّ – القُطْر	2600 كم
دَرجةُ الحرارة المَرْكزيّة	6500° س
الكثافة النِّسْبيّة	13

التركيب: حديدٌ جامدٌ وكمّيّاتٌ نَزْرة من النيكل

فُروعُ العُلومِ الأرضيَّة

المُناخيُّون يَدْرسونَ المُناخ – بما فيه التغيُّرات الفَصْليّة والطويلة الأمَد في دَرجاتِ الحرارة والرُّطوبة في طَبَقةِ الغلافِ الجوّيّ السُّفْليّ عَبْرَ العالَم.

الجيُوكيماويُّون يَدْرسونَ لتركيبَ الكيماويّ لِقِشْرةِ الأرض ومُحيطاتِها وغِلافها الجوّي.

الجيُولوجيُّون يَدْرسونَ أصلَ الأرض وبِنْيَتَها وتراكيبَ طَبَقاتها.

الجيُومورفُولوجيُّون يَدْرسونَ أشكالَ وتكوُّنَ المعالِم الأرضيّة كأحواضِ المُحيطات وسَلاسلِ الجِبال.

الأرصاديُّون يَدْرسونَ تغيُّراتِ الطَّقْسِ ويُحاوِلون التنبُّؤَ بتقلُّباتِه اليوميّة. وَهم يَقيسون ويتكهّنون بأحوالِ طَبَقاتِ الجَوّ الأخفض، كدرجاتِ الحرارة وكمّيّاتِ المَطَر، وسُرعةِ الرِّياح.

عُلماءُ المَعادِن جيُولوجيُّون يَدْرسونَ المَعادنَ البِلّوريّة والخامات.

عُلماءُ البِحار يَدْرسونَ الظُّروفَ الطبيعيّة والكيماويّةَ في المُحيطات والقيعان المُحيطيّة، والحياةَ البَحْريّة.

عُلماءُ الحياة القديمة يَدْرسونَ بِنْيةَ المُتعَضّياتِ الغابِرة وتطوُّرَها وبيئتَها وتوزُّعَها بِتفَحُّص بقاياها المُستَحْجِرة. ويَدْرسُ علماءُ الحَفْريّات البيُولوجيّة الأحافيرَ الحيوانيّة. ويَدْرسُ علماءُ الحَفْريّاتِ النباتيّة الأحافيرَ النباتيّة ويَدْرسُ عُلماءُ المُناخات القديمة المُناخَ في العُصور الغابِرة.

عُلماءُ الصُّخور يَدْرسونَ بِنْيةَ الصُّخور وأُصُولَها.

عُلماءُ الكواكب يَدْرسونَ الكواكبَ ويُجْرون مُقارَناتٍ بينَها.

عُلماءُ الرُّسابات جيُولوجيُّون يَدْرسونَ تكَوُّنَ الصُّخور من الطَّمْي والقُراراتِ الرَّمْليّة.

علماءُ طَبَقات الأرض يَدْرسنَ طَبَقاتِ الصُّخور والعَلاقاتِ في ما بينَها.

تَواريخُ رئيسيَّةٌ

حوالي عام 235 ق. م	إراتُوسْثينِس – فَلكيٌّ ورياضيٌّ وجُغرافيٌّ يونانيّ – يَحْتسِبُ مُحيطَ الأرض من ظِلالٍ مُسْقَطةٍ عندَ الظَّهيرة في عُروضٍ جُغرافيّةٍ مُختلِفة.
حوالى عام 5 ق. م	سْترابُو – الجُغرافيُّ والمُؤرِّخُ اليونانيُّ – يَتوقَّعُ تواجُدَ مناطقَ مُناخيّةٍ شديدةِ البُرودة ومُعْتدلة ومَداريّة.
حوالى عام 30 للميلاد	يَرْتئي سْترابُو أنَّ الأرضَ في غايةِ الضخامة بحيثُ قد توجَدُ قارّاتٌ مَجْهولة.
79 للميلاد	الكاتِبُ الرُّومانيُّ پْليني الأصغَر يَصِفُ ثَوَرانَ بُركانِ جَبل ڤيزوف الذي دَمَّرَ مدينة پُومْپي.
132 للميلاد	الصينيُّون يخترعون أوّلَ مِرْجافٍ (سيزمُوچراف) – من كُراتٍ فلزّيّة مُتَوازنةٍ بدِقّة بحيثُ تَسقُطُ عندَ اهْتِزازِ الأرض.
820	الخرائطيُّونَ لعرب يَرسمونَ الخريطةَ المأمونيّة وفقَ خُطوطِ الطول والعَرْض.
1086	المُهَنْدسُ الصِّينيُّ شِن كُوا يُوجِزُ مَبادئَ التَّعْرية والترسُّبِ وعمليّاتِ التقَبُّبِ والتنَتُّق العُلْويّ.
1120	ابن سينا يقول إنَّ نوعًا من الصُّخور يتكوَّنُ من جَرّاء الطينِ المُترسِّب سافًا بعدَ ساف على مَدى فتراتٍ زَمنيّةٍ طويلة.
1153	الشريفُ الإدريسيّ يَرْسمُ خرائطَ على أساس أنَّ الأرضَ كُرَويّةٌ في كتابٍ ألَّفَهُ لملك صقلّية رُوجر الثاني.
1517	العالِمُ الإيطاليُّ جيرُولامُو فْراكاسْتُورو يَرتئي أنَّ الأحافيرَ هي بَقايا كائناتٍ خَلّفها الطوفانُ التوراتيُّ حسبَ قِصّةِ فُلْكِ نوح.
1546	المِتالورجيُّ الألمانيُّ جُورجيُوس أچريكولا يَستَخْدِمُ مُصطلح Fossil بمَعنى «أحفورة مُتحَجِّرة» للبَقايا المُسْتَحْجِرةِ من النباتاتِ والحيَوانات.
1600	الفيزيائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم غِلْبرت يأتي بمَقولةِ أنَّ الأرضَ أشبَهُ بمِغْنَطيسٍ عِمْلاق.
1735	الأرصاديُّ البريطانيُّ جورج هادْلي يَستَخْدِمُ الرِّياضيّاتِ والفيزياءِ لِتَعْليل تأثيرِ تَدويم الأرضِ على الرِّياح التِّجاريّة.
1785	الجيُولوجيُّ البريطانيُّ جيمْس هَتُّون يَرْتئي أنَّ معالِمَ الأرض تتكَوَّنُ عَبْرَ عمليّاتٍ كالترسُّبِ والأنْشِطةِ البُركانيّةِ العاملةِ منذُ أزمنةٍ بَعيدة.
1795	عالِمُ التَّشْريح الفَرَنسيُّ جورج كُوڤيِي يؤكِّدُ انتماءَ مجموعة عظام أُحفوريّةٍ إلى إحدى الزَّواحف البَحْريّة العِملاقة.
1811	الفَتاةُ البريطانيّةُ ماري آنّنْغ وعائلتُها يكتشفونَ ويجمعون أحافيرَ أوّل عَيِّنة مَعْروفة للزّاحف البَحْريّ الإكْثيُوصورَس الشبيه بالدُّلفين.
1815	المَسّاحُ البريطانيُّ وِلْيَم سْميث يَنْشُرُ خريطتَه الجُغْرافيّة لإنكلترا وويلْز مع جُزْءٍ من اسكُتلَنْدا.
1822	تعَرُّفُ الإغوانُدُون كضَرْبٍ من الدَّيْنوصورات.
1825	كُوڤيِي يَقْتَرِحُ أنّ انْقِراضَ الأنواعِ هو نتيجةٌ لِحَوادثَ كارثيّة.
1830	الجيُولوجيُّ البريطانيُّ السير تشارْلْز لْييل يَقول بأنَّ عُمْرَ الأرض يبلُغُ مئات الملايين من السِّنين.
1840	عالِمُ الطبيعة السويسريُّ المَوْلد لُويس أچاسيز يَرتئي أنَّ معظمَ سَطْح الأرض كان في ما مَضى مُغَطًّى بالجَليد.
1859	العالِمُ البريطانيُّ تْشارلْز داروِن يَنْشُر نَظَريّةَ النُّشوء والتطوُّر.
1896	الكيمائيُّ السُّويديُّ سْڤانت آرهينيوس يُبيِّنُ أنَّ ثاني اكسيد الكربون في الهواء يُسْهِمُ في احْتِباسِ الحرارة في جَوِّ الأرض.
1906	الجيُولوجيُّ الإرلَنْديُّ ريتْشارْد أولْدهام يكتشِفُ في مُخطَّطات مِرساماتِ التموُّجات الزِّلزاليّةِ ما يُثْبِت وُجودَ اللُّبّ الأرضيّ.
1915	الأرصاديُّ الألمانيُّ ألْفرد ڤَغْنِر يَنْشُرُ نَظريّةَ حرَكيّة القارّات.
1925	القياساتُ بالسَّبْرِ الصَّدَويّ تكشِفُ تواجُدَ حَيْدِ وَسَط الأطلسيّ.
1935	عالِمُ الزِّلازل الأمريكيُّ تْشارْلْز رِيْختَر يَبْتَكِرُ مِقياسًا لِتحديد درجاتِ قُوّةِ الزَّلازِل.
1965	الجيُوفيزيائيُّ الكَنَديُّ تُوزُو وِلْسُون يُعَلِّلُ ظاهرةَ انْتِشار وتمَدُّد قِيعانِ المُحيطات.
1981	لُويس ألْڤارِز ووَلَدُه وُلْتَر يَرْتئيان أنَّ ارْتطامَ رَجْمٍ عِملاقٍ بالأرض أبادَ الدَّيْنوصُورات.







الفَصْلُ الثانـي

الكائناتُ الحَيَّة





لِتعَرُّف ضُروبِ النَّباتاتِ والحَيوانات المُتنَوِّعة الكثيرة التي تُؤلِّفُ المَجْموعاتِ البِيئيَّةَ الطبيعيَّةَ في العالَم، يَنْبغي أوَّلًا تفهُّمُ كيفيَّةِ تَنشُّؤ الأحياءِ على الأرض، وطَرائق تَصْنيفِ الأنواع المُختلِفة وسُبُلِ تهايُؤ كُلِّ نَوْعٍ لِمُواءَمةِ بيئتِه المُعَيَّنةِ الخاصَّة.





بَدأت قِصَّةُ الحياةِ على الأرض قبْلَ ظُهورِ الكائناتِ البَشَريَّةِ الأُولى بعِدَّةِ مَلايينَ من السِّنين. دِراساتُ العُلماءِ تُبَيِّنُ أنَّ الحياةَ بدأتْ في المُحيطات منذُ ما يزيدُ على 3500 مِليون سَنة. فهُناك حاليًّا أكثَرُ من مِليونَي نَوْعٍ من الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض، مُعظمُها بالغُ الصِّغَر بحيثُ لا تُمكِنُ رُؤيتُه إلَّا بالمَجاهِر. وهناكَ ضُروبٌ أخرى تَعيشُ في مَواطِنَ بيئيَّةٍ قَصِيَّةٍ غريبةٍ، كأعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمةِ البارِدة، لا يَعْرِفُ البَشَرُ عنْها إلَّا القليل.



ويعتقِدُ العُلماءُ أنَّ أنواعَ النَّباتاتِ والحيوانات على اختِلافِها قد تَنشَّأت بالتهايُؤ والتكيُّفِ التَّدريجيِّ مع الأنماطِ البيئيَّةِ المُتبَاينة المُتعدِّدة التي تُوَفِّرُها الأرضُ لقاطِنيها. وقد كان لِتدخُّل البَشَرِ يَدٌ في تَنَشُّؤ وتطوُّرِ بعضِ النَّباتاتِ والحيَوانات. فالكثيرُ من المَحاصيلِ الزِّراعيَّة ونَباتاتِ الحدائق وحيَواناتِ المَزارع والحيوانات المَنْزليَّةِ المُدَلَّلة هي أمثلةٌ على أنواعٍ ظهرَت عَبْرَ التناسُلِ والتوليدِ الانْتِقائيّ.



إنَّ كُلَّ نَوْعٍ من النَّباتاتِ والحيَوانات البَرِّيَّةِ يَعيشُ في تَواؤُمٍ وانْسِجامٍ مع بيئتِه. ويُمَثِّلُ عالَمُ الأحياءِ مَنْظومةً رائعةَ التَّعْقيدِ استغرَقَ تطوُّرُها مَلايينَ السِّنين، وهي لا تَزالُ في توازُنٍ تَواؤميٍّ دقيقٍ دائمِ التغيُّر.



الحَياة: الأُصُولُ والتطَوُّر

بدأتِ الحياةُ على الأرض منذُ أكثرَ من 3000 مِليون سنة. ومنذُئذٍ تنشَّأَت وتطوَّرت ضُروبٌ مُذْهِلةٌ منِ الحيَواناتِ والنَّباتات من مُتعَضِّياتٍ أُحاديَّةِ الخليَّة.

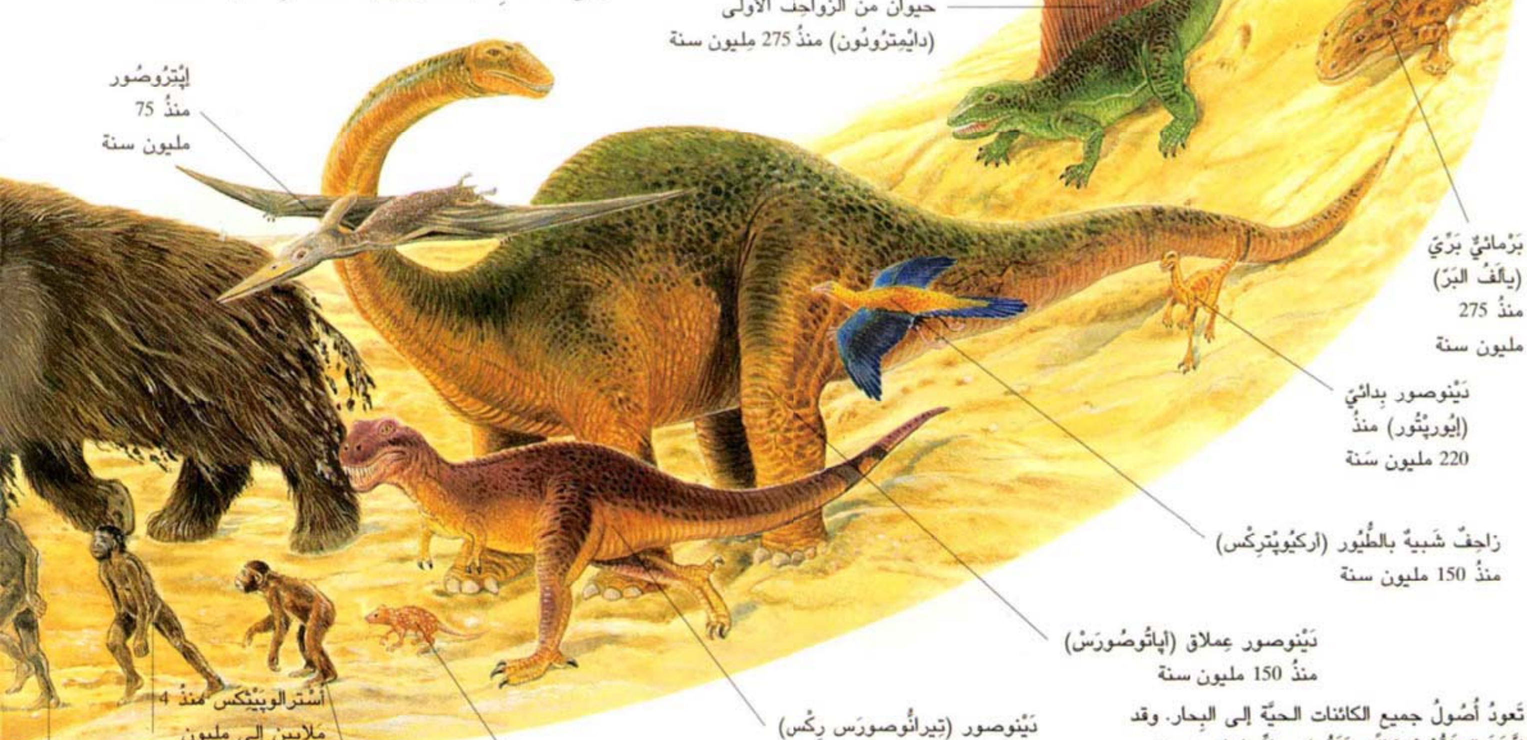
يُقَدَّرُ عُمْرُ الأرض بِحَوالى 4500 مِليون سنة؛ ويَعتمِدُ هذا التقديرُ على تأريخ عُمْرِ أقدمِ الصُّخور. في مَدى الألفِ وخمسمائةِ مِليون سنةٍ الأولى مِن تكوُّنها لم تَحوِ الأرضُ أيَّ كائناتٍ حيَّة. إنَّ كيفيَّةَ بَدْءِ الحياةِ على الأرض أمرٌ لمَّا يتوضَّحْ بَيُولوجيًّا؛ لكِنْ من المؤكَّدِ أنَّ العمليَّةَ تطَلَّبَت ماءً وحوامِضَ وكيماويَّاتٍ أُخرى. وبِتفاعُلِ تلكَ الكيماويَّاتِ على مَدى العُصورِ والظُّروف نتَجَ جُزَيءٌ قادِرٌ على ٱستِنساخِ مَزيدٍ من الجُزَيئات المَثيلة. ولعَلَّ مصدَر تلك «البُذارة» الكيماويَّةِ الأحيائيَّةِ كان الفَضاءَ الخارجيَّ عَبْرَ الرُّجُم المُرتَطِمةِ بسَطْحِ الأرض، أو لعَلَّها كانت نتيجةَ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ تمَّت بطاقةٍ كهربائيَّة من البَرْق.

الكائناتُ الحيَّةُ الأُولى

تطَوَّرتِ «الجُزَيئاتُ الحيَّةُ» إلى أشكالٍ حياتيَّةٍ بَسيطةٍ وَحيدةِ الخليَّة، عاشَت طافِيةً في المُحيطات. وأقدَمُ بَيِّنةٍ على هذه الأشكالِ الحياتيَّةِ الأحافيرُ البَكْتيريَّةُ والطُّحْلبيَّةُ داخلَ الصُّخور التي يَبْلُغُ عُمْرُها 3500 مِليون سَنة.

ومن هذه البِدايات البَسيطةِ، اتَّخذتِ الحياةُ أشكالًا





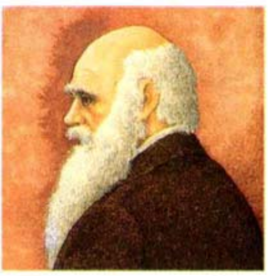
تَعودُ أُصُولُ جميعِ الكائناتِ الحيَّةِ إلى البِحار. وقد اتَّخَذَ التطَوُّرُ أشكالًا وتَفَرُّعاتٍ واتِّجاهاتٍ عديدة. وعلى مَدى ملايينَ من السِّنين انْقَرضَتْ ضُروبٌ وأنواعٌ عديدةٌ وحَلَّ مَحَلَّها أشكالٌ أحيائيَّةٌ جَديدة.



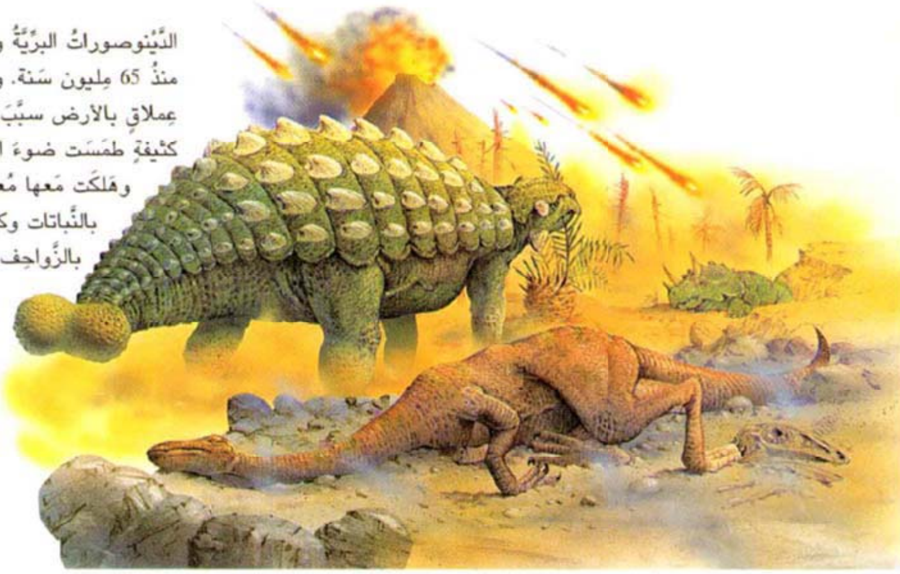
الجِنْكَةُ الطَّقسوسيَّةُ المِروحيَّةُ الوَرَق تواجَدت على الأرض منذُ حُقْبِ الحياةِ الوُسْطى قبْلَ 300 مليون سنة. وهي الصِّنْفُ الوحيدُ المُتبَقّي من مَجْموعةِ نباتاتٍ كانت شائعةً في ما مَضى



جُزَيئاتُ د ن أ، في خلايا جميعِ الكائنات الحيَّة، تَحْوي تَعْليماتٍ مُرَمَّزةً (جيناتٍ) تَتحَكَّمُ بِسُلوكِ تِلكَ الخلايا، وبالتالي بِتصرُّف الكائنِ الحَيّ.



تُشارلْز دارْوِن (1809 – 1882) عالِمٌ بريطانيٌّ قادَتْهُ دِراساتُه للكائناتِ الحيَّةِ والأحافيرِ إلى نَظريَّته الشهيرة حولَ الإنتخابِ الطبيعيِّ وبَقاءِ الأَصْلَح التي نُشِرَت عامَ 1859.

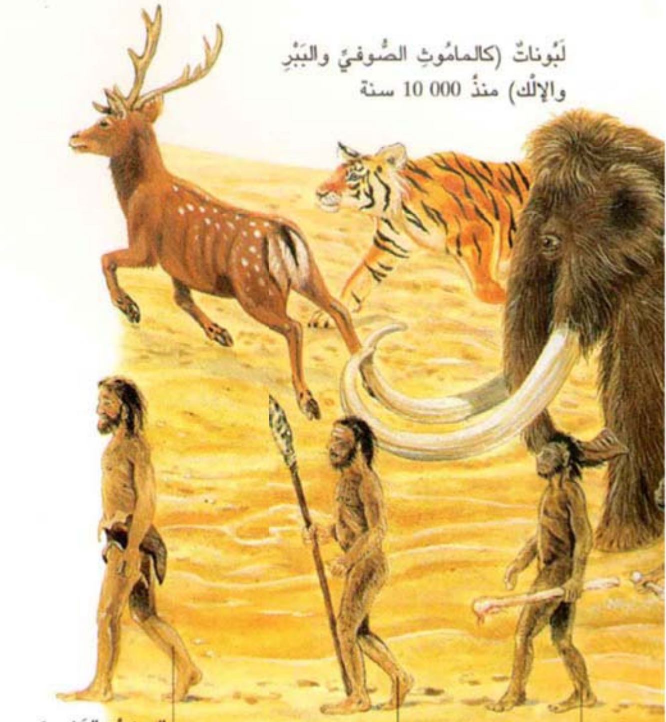


الدَّيْنوصوراتُ البرِّيَّةُ والزَّواحِفُ البَحْريَّةُ العِمْلاقةُ انْقَرضَت منذُ 65 مِليون سَنة. وقد يكونُ ذلكَ نتيجةً لإرتطام رَجْم عِملاقٍ بالأرض سبَّبَ «عَتَمةً دامِسَةً» بفِعْل سُحُبٍ غُباريَّة كثيفةٍ طمَسَت ضوءَ الشَّمْس فَتْرةً طويلة. فهَلَكتِ النباتاتُ وهَلَكت مَعها مُعظمُ الزَّواحفِ العاشِبة التي تَغْتذي بالنَّباتات وكذلكَ الحيَوانات اللاحِمةُ التي تَغْتذي بالزَّواحِف.

النُّشوءُ والإرْتقاء

تَنشَّأَت جميعُ النَّباتاتِ والحيَواناتِ وتطوَّرَت عَبْرَ عمليَّةِ تَغيُّرٍ تَدْريجيٍّ اتُّفِقَ على تسمِيَتِه التطوُّرَ. فقد تَنشَّأَتِ الأنواعُ الحيَوانيَّةُ والنَّباتيَّةُ المُتواجِدةُ اليومَ من أنواعٍ أقدمَ كثيرًا انقرضَت منذُ زَمَنٍ طويل. فثُلاثيَّاتُ الفُصوصِ (الترايلُوبَيْتات) ومَحاراتُ الأمونَيْت التي كانت تَزْخَر بها البِحارُ منذُ ملايينِ السِّنين لم يَبْقَ منها اليومَ سِوى أحافيرِها ضِمْنَ الصُّخور.

والحيَواناتُ التي انقرضت هلَكَت نتيجةً لِتَغيُّرِ الظُّروفِ وتفَرُّعاتٍ في اتِّجاهاتٍ عديدة – كان فَرعاها الأساسيَّان النَّباتاتُ والحيَوانات.



لَبُوناتٌ (كالماموثِ الصُّوفيِّ والبَبْرِ والإِلْك) منذُ 10 000 سنة

الجنسُ البَشريّ (هومُوسيبْيان) مُنْذُ 100 000 سنة

إنسان نِياندِرثال منذُ 100 000 إلى 35 000 سنة

البَشريُّ المُنْتَصب (هومُو إرِكْتَس) منذُ 1,5 إلى 0,5 مليون سنة

الحياتيَّة في بيئاتها، وحَلَّت مَحَلَّها أنواعٌ أُخرى استَطاعتِ المُهايأةَ والتكَيُّفَ مع الظُّروفِ المُتغيِّرة.

المُهايأةُ والتكَيُّف

سادَتِ الدَّيْنوصوراتُ كَوكبَ الأرضِ حِقْبةً زادَت على 160 مليون سنة؛ وفاقَت أنواعُها الخَمسمائةِ نوع. وقدِ انقرضَت جميعُها؛ فلم يَبْقَ من هٰذه الحيَواناتِ الرائعة الغَرابةِ اليومَ إلَّا أَحافيرَها.

الكائناتُ الحيَّةُ تَتطوَّرُ باستِمْرار عَبْرَ المُهايأةِ والتكيُّف. وهي تَسْتطيعُ ذلكَ لأنَّ تكوينَ كُلِّ كائنٍ حيٍّ يَخْتلِفُ قليلًا عن سائرِ أفرادِ نَوعه. وهكذا فإنَّه عندما تَتغَيَّرُ الظُّروفُ، كتغَيُّرِ المُناخِ إلى الأبرَد، فقد تكونُ بعضُ تلك الكائناتِ أقْدرَ على البَقاءِ من بَعْضِها الآخر.

لقد استَوطنَتِ النَّباتاتُ والحيَواناتُ تَقريبًا كُلَّ بيئةٍ على الأرض – من المناطقِ القُطبيَّةِ المُتجَمِّدةِ حتَّى الصَّحاري الحارَّةِ الجافَّةِ وأعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمة.



إغتِذاءٌ بالثمار العِنَبيَّة



إغتِذاءٌ بالبُزور



إغتِذاءٌ بالصَّبّاريَّات



إغْتِذاءٌ بالحَشَرات

على جُزُر غلاپاغوس في المُحيط الهادي، وَجَد دارْوِن أنَّ شُرْشوريَّاتٍ مُتَحَدِّرةً من نوعٍ واحد، طوَّرَت مَناقيد مُخْتلِفةً شَكْلًا. فقد تَكَيَّف مِنْقادُ كُلِّ نَوْعٍ بالتطَوُّرِ لِيُوائمَ الغِذاءَ المُتوفِّرَ له في الجُزُرِ المُخْتلِفة.

اُنْظُر أيضًا

الأحافيرُ والأزمنةُ الجيُولوجيَّة ص 4 – 5
الجيناتُ والكروموسومات ص 135

تَصْنيفُ الكائناتِ الحَيَّة

التَّصْنيفُ طريقةٌ تُرَتَّبُ فيها الكائناتُ الحَيَّةُ (المُتعَضِّياتُ على اختِلافها) في فِئاتٍ أو مَجاميعَ مُتماثلةٍ على أساسِ مَظْهَرِها والعَلاقاتِ الطبيعيَّةِ في ما بينها.

لا أحدَ يعلَمُ على وَجْه الدِّقَّةِ عددَ أصنافِ الكائناتِ الحيَّةِ المُختلِفةِ المُتواجدةِ حاليًّا على الأرض. لقد اكتشفَ العُلماءُ أكثرَ من مِليوني نَوع، لكِنْ رُبَّما يكونُ هنالكَ أربعةُ أضعافِ هذا العددِ بانتظار أن تكتَشَف - معظمُها مُتعَضِّياتٌ مِجْهَرِيَّة.



السَّمَكةُ الأُحفوريّةُ المُبَيَّنَةُ أعلاه، المُسَمّاةُ پريسْكاكارْيا، هي من الحيواناتِ المُنْقَرِضة؛ لكِنْ يُمْكِنُ إدراجُ نَوعِها في تَصْنيفِ الكائناتِ الحيَّة. فَعُلماءُ التَّصْنيف يُقارِنون مَعالِمَ مُعَيَّنَةً فيها، كتَرتيبِ الزَّعانِف، مع حَوالي 22 000 نَوْعٍ من الأسماكِ المَعروفةِ اليومَ على الأرض. ثُمَّ يُصَنِّفون السَّمَكةَ الأُحفوريَّةَ هذه مع مَجْموعةِ الأسماكِ الحاليَّةِ ذاتِ الخصائصِ المُماثِلة.

اِخْتيارُ الأَسْماء

الدِّراساتُ العِلْميَّةُ لِتَنَوُّعِ الكائناتِ الحيَّة والعَلاقاتِ في ما بينها تُسَمَّى التَّصْنيفيَّات - علمَ تَصْنيفِ الأحياء وتسميتِها. وعِلْمُ تَصْنيفِ الأحياء الذي هو جُزْءٌ من عِلْم التصنيفيَّات، هو دِراسَةُ قواعدِ وطرائقِ تَصْنيفِ الكائناتِ الحيَّة من نَباتاتٍ وحيَوانات. فبعدَ الدراسةِ الدقيقةِ للكائنِ الحيِّ أو لِعَيِّنَةٍ سليمة مَحفوظةٍ منه يُصَنَّفُ في مَجموعته ويُعْطى اسْمًا علميًّا باللُّغةِ اللاتينيَّة حتَّى يتمَكَّنَ العلماءُ في سائِرِ أقطار العالَم من تَعَرُّفِه. التَّصْنيفُ يُساعِدُنا في دِراسةِ وتَفَهُّمِ العالَمِ الطبيعيِّ، كما يُبَيِّنُ أيضًا العلاقةَ بينَ أنواعِ تلك المجموعةِ العائشة حاليًّا والأنواعِ التي انقرَضَت مُنْذُ عهدٍ بَعيد.

وجَديرٌ بالذِّكْر أنَّ نَسَقَ التَّصْنيفِ الذي يَعْتَمِدُه العُلماءُ اليومَ طَوَّرَه أساسًا عالِمُ النَّبات السّويديُّ، كارلُوس لينيُوس (1707 - 1778)، في العام 1758. في هذا النَّسَق، تُصَنَّفُ مَجْموعاتُ الكائناتِ المَثيلة، المُسَمَّاةُ أنواعًا، في مُسْتَوياتٍ مُخْتلِفةٍ - أعلاها العالَم أو المَمْلكة. فالحيَوانات جميعُها تَنْتمي إلى عالَمِ (أو مَمْلكة) الحيَوان. هنالك أربعةُ عَوالِمَ أُخرى؛ لكِنَّ عالَمَ الحيَوان هو الأكثَرُ والأعظَمُ إلى حَدٍّ بَعيد. وتُحَدِّدُ الفروقُ في بِنْيةِ خلايا المُتعَضِّي، جُزْئيًّا، الفئةَ التي يَنْتمي إليها ذلك المُتعَضِّي.

المُستَوى التَّصْنيفيُّ الأَدْنى من العالَم (المَمْلكة) في تَصْنيفِ الأحياءِ يُسَمَّى الشُّعْبَة. ويَضُمُّ عالَمُ الحيَوان أكثرَ من 20 شُعْبَةً - بينها شُعْبَةُ الحَبْليَّات (ذواتُ الحَبْلِ الظَّهْريّ) التي تَنْتمي إليها جميع الحيوانات الفَقاريَّة.

شَجَرةُ فَصائلِ الأَحياء

مَعالِمُ الأرض الجيُولوجيَّةُ والطبيعيَّةُ تقسِمُ عُصورَ ما قَبْلَ التاريخ إلى أربعِ فَتَراتٍ زمنيَّةٍ تُسَمَّى حُقُبًا، دامَ الواحدُ منها عِدَّةَ ملايينَ من السِّنين. هذه الحُقُب هي: حُقْبُ ما قَبْل الكَمْبري (الدَّهر العتيق) وحُقْبُ الحياةِ القديمة وحُقْبُ الحياةِ الوُسْطى وحُقْبُ الحياةِ الحَديثة. خِلالَ حُقْبِ الحياةِ القديمة، تَزايدَ عددُ الأنواعِ المُختلِفةِ التي عاشَت على الأرض تَزايُدًا هائلًا. وبعضُ المُتعَضِّياتِ تَرَكَ البِحارَ الضَّحْلةَ الدّافِئةَ للعَيْش على اليابِسة. ونَتيجةً لِلتَّغَيُّرِ التدريجيِّ التطَوُّريِّ في خَصائصِ الكائناتِ الحيَّةِ على مَدى الدهور تنَشَّأَت فروعٌ عديدةٌ لِشَجَرةِ فَصائلِ الأحياء. أنواعٌ عديدةٌ من الكائناتِ انقَرضَت، وظهَرت أنواعٌ أُخرى غَيْرُها. وهٰكذا فإنّا نُشاهِدُ اليومَ تَنَوُّعًا مُذْهِلًا من الكائناتِ الحَيَّة.



الحُقَب مُنْذُ مَلايينِ السِّنين	حُقْبُ الحياةِ الحديثة	حُقْبُ الحياةِ الوُسْطَى	حُقْبُ الحياةِ القديمة	حُقْبُ ما قَبْلَ الكَمْبريّ
	صِفْر إلى 65	65 إلى 245	245 إلى 570	570 إلى 3000

الطَّوائفُ والفَصائلُ والأنواع

مُسْتَوياتُ الكائناتِ الحيَّةِ تَنْقسِمُ إلى مُسْتَوياتٍ أصغَرَ. فالمُسْتَوى الأَدنَى من الشُّعْبةِ هو الطائفة – مثلًا، جميعُ الثَّدْييَّات تَنْتمي إلى طائفةِ اللَّبُونات. والمُسْتَوى الأدنَى من الطائفة هو الرُّتْبة – مثلًا، جميعُ اللَّبُوناتِ التي تَغْتذي باللُّحوم، كالثعالبِ والنمُور والقُضاعات (ثعالِب الماء) تَنْتمي إلى رُتْبةِ اللَّواحِم.

والمُسْتَوى الأدنَى من الرُّتْبةِ هو الفَصيلة – مثلًا، جميعُ الثَّعالبِ والضِّباعِ والذِّئابِ تَنْتمي إلى فَصيلةِ الكَلْبيَّات. وتُوجَدُ، ضِمْنَ الفَصيلةِ الواحدة، مَجْموعاتٌ من الحيَوانات، تُسَمَّى أجناسًا – فالثعلبُ يَنْتمي إلى جِنْس الفُولْپِس.

والأجناسُ المُختَلِفةُ لا تَسْتطيعُ التوالُدَ في ما بينها – فهي قد تَسْتطيعُ التزاوُجَ، لكِنَّها لا تُنْجِبُ نَسْلًا.

ويَتَضَمَّنُ الجِنْسُ نوعًا واحدًا أو أكثَر – يَتَميَّزُ باسْمٍ عِلْميٍّ ثُنائيِّ التَّسْمِية. مثَلًا، الاِسْمُ العِلْميُّ لِثَعْلبِ الفِنك الصغيرِ في شمالِ إفريقية هو فُولْپِس زِرْدا، حيثُ الجُزْءُ الأوَّلُ، فُولْپِس يُعَيِّنُ الجِنْسَ، والجُزْءُ الثاني، زِرْدا، يُعَيِّنُ النَّوعَ.

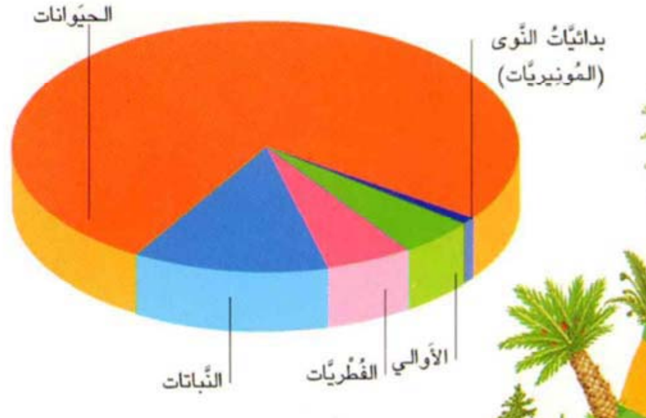
الاِنْقِراضُ والتَغَيُّر

يَرْتئي العُلَماءُ أنَّ عددَ المُتَعَضِّياتِ اليومَ هو فقَطْ جُزْءٌ ضئيلٌ من مُجْمَلِ الكائناتِ الحيَّة التي سبَقَ أنْ عاشَت على الأرض؛ وأنَّ حوالى 99% من جميعِ الأنواعِ التي سبَق أن تَواجَدت هي الآنَ مُنْقَرِضةٌ.

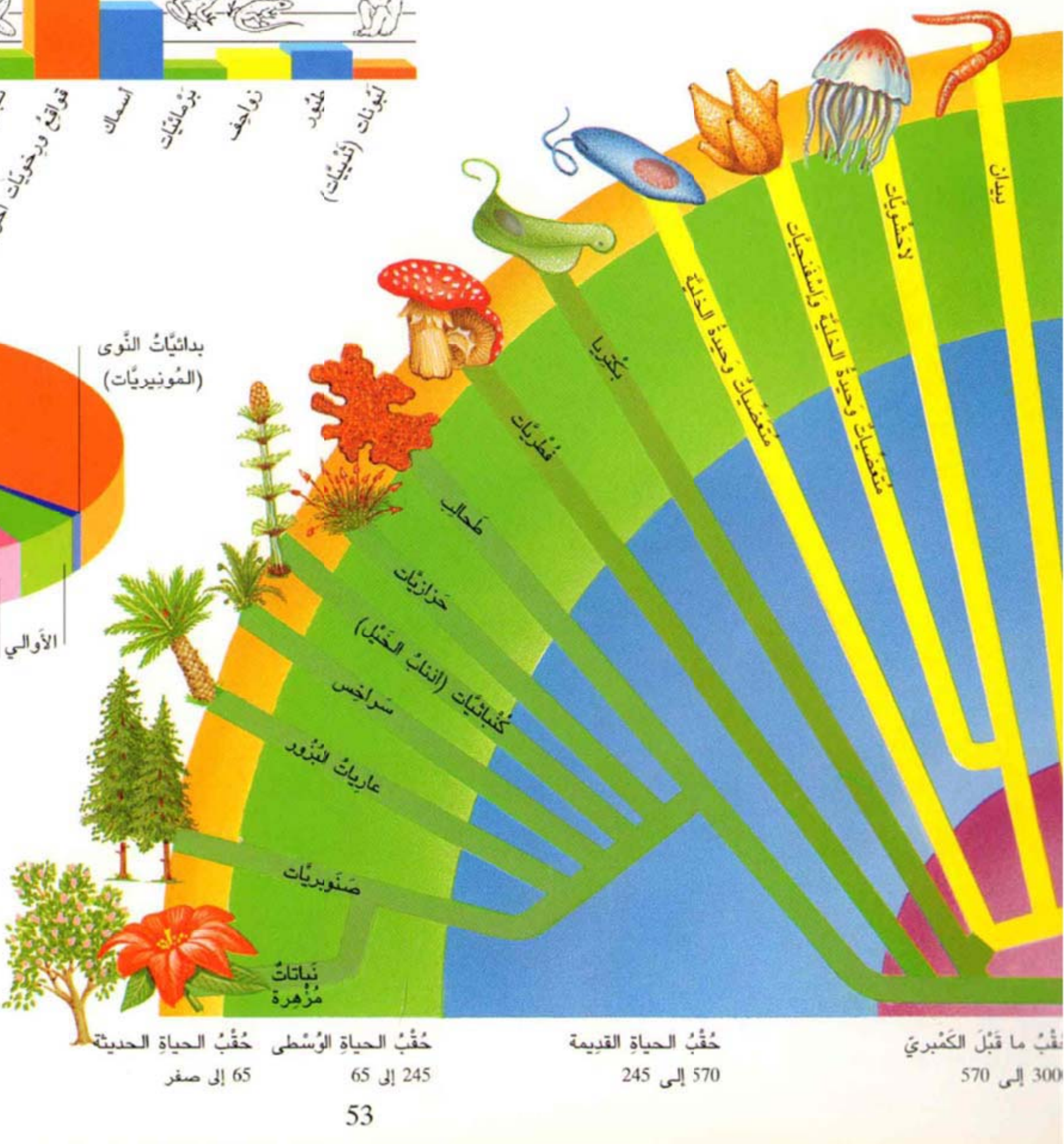
وكما أسلَفْنا فإنَّ الحيَوانات والنَّباتاتِ والمُتَعَضِّياتِ الأُخرى تَتَغَيَّرُ تَدْريجيًّا بتأثيرِ تَبدُّلِ الظُّروفِ حواليها. وهكذا قد تَتطوَّرُ الأنواعُ إلى أنْواعٍ أحْدَثَ مُبْقيةً على تَعَدُّديَّةِ وتَنَوُّعِ شَجرةِ فَصائلِ الحياة.

الرَّسْمُ البَيانيُّ أدناهُ يُبَيِّنُ الأعدادَ النِّسْبيَّةَ لأنْواعِ الكائناتِ الحيَّة. إنَّ تعدادَ أنواعِ الحَشَراتِ يَفوق بكثيرٍ جميعَ الأشكالِ الحياتيَّةِ الأُخرى مُجْتَمعة. ثُمَّ تليها النباتاتُ والرَّخْويَّات. وأنواعُ الأسماك هي الأكثَرُ عَددًا بينَ أنواعِ الفَقاريَّات. وبالمُقارنةِ النِّسْبيَّة، فإنَّ هناك القليلَ فقَطْ من أنواعِ اللَّبُونات في العالَم.





عَوالِمُ الكائناتِ الحيَّةِ الخَمْسةُ هي: عالَمُ أو مَمْلَكةُ الحيَوان (حوالى 75% من المَجْموع) وعالَمُ أو مَمْلَكةُ النَّبات (18%) وعالَمُ الفُطْريَّات وعالَمُ الأَوالي وعالَمُ بدائيَّات النَّوى (المُونيرا).

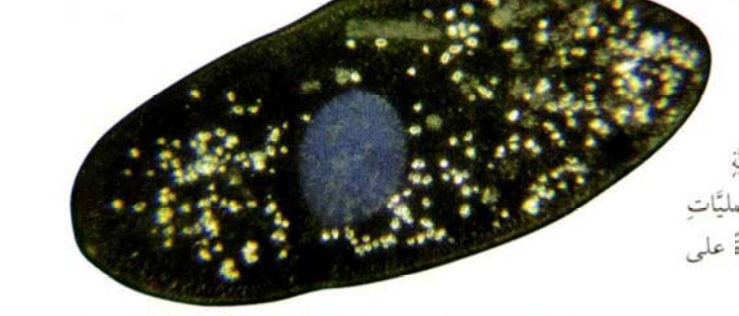


اُنْظُر أيضًا

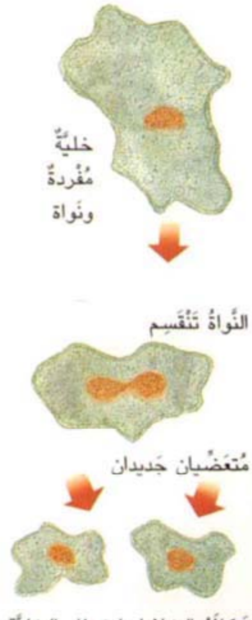
الحياة: الأُصُولُ والتطوُّر ص 50 – 51، أسبَابُ انْقِراض الأنواع ص 442 – 443
صِيانَةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيّة ص 462 – 463

المُتعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخَليَّة

أبسَطُ الكائناتِ الحيَّةِ هي مُتعَضِّياتٌ دَقيقةٌ وَحيدةُ الخَليَّة. وهي كانَت أوَّلَ الكائناتِ الحيَّة على كوكَبِ الأرض ولا تَزالُ أكثرَها شيُوعًا.



البَراميسيُوم نوعٌ من الأَوالي الحيَوانيَّة. هذه المُتعضِّياتُ الوَحيدةُ الخليَّة تَستَخْدِمُ هُدْبًا خيطيَّةً شَعْرِيَّةَ الشَّكْل تُلَوِّحُها بالتمَوُّجاتِ لِتَتحرَّكَ او تَلْتقِطَ طعامَها.



تَتكاثَرُ الخلايا بانشِطارِ الخليَّةِ إلى اثنتَيْن. وتَستطيعُ بعضُ أنواعِ البكتِريا تكرارَ ذلك 4 مَرَّاتٍ في السَّاعةِ الواحدة. فالكائنُ الوَحيدُ الخليَّة من الأوالي، كهذه المُتمَوِّرة (الأميبة)، يُصبِحُ اثنَينِ بواسِطةِ عمليَّةِ انْقِسامٍ خلَويٍّ مُعَقَّدةٍ تُعْرَفُ بالانْقِسامِ الفَتيليّ.

الخَلايا هي أصغَرُ الوَحَداتِ المُهايأةِ للحياةِ والعَيش. فأبسَطُ الكائناتِ الحيَّة تتألَّفُ من خليَّةٍ واحدةٍ فقَط تَنْطوي على كُلِّ المُستلْزَماتِ والعَمليَّاتِ الضروريَّة لِبَقاءِ تِلك الوَحْدة المُعَيَّنة حيَّةً وقادِرةً على التكاثُر.

دَواخِلُ الخَليَّة

تتألَّفُ الخليَّةُ من جِدارٍ خارجيٍّ رَقيقٍ نَفيذٍ يَسْمَحُ بِدُخولِ الكيماويَّات وخُروجِ الفَضَلات. وفي داخِل جدارِ الخليَّةِ مائعٌ هُلاميٌّ يُسَمَّى هَيُولَى الخليَّة (السَّيْتُوبلازم) يَتضَمَّنُ بِنًى دَقيقةً لِكُلٍّ منها وَظيفةٌ مُعَيَّنة. البِنْيَةُ المَرْكزيَّةُ في الخليَّة هي النَّواةُ حاويَةُ المُوَرِّثات (الجينات) التي تُحدِّدُ شَكْلَ الخليَّةِ ووَظائفَها. وهنالك بِنًى مُختلِفةٌ أُخرى مُختصَّةٌ باستِخْلاص الطاقةِ من الغذاءِ أو بالتعامُلِ مع الفَضَلات أو بحِمايةِ الخليَّةِ من هُجوم المُتَعَضِّياتِ الأُخرى.

الأحياءُ الأُولى

منذُ أكثرَ من 3000 مِليون سَنة، ظهرَتِ المُتعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخليَّة الأُولى في بِحارِ الأرض. ولا تَزالُ ماهيَّةُ الكيماويَّاتِ والكيمياءِ التي خَلَقَتِ الحياةَ مَجْهولةً. فلعَلَّها جاءَتْ إلى الأرض بَذْرًا على شَكْلِ أبْواغٍ من الفَضاءِ الخارجيّ. والأرجَحُ أنَّها حَصيلةُ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في جَوِّ الأرضِ ومُحيطاتِها أنتجَت جُزَيْئاتٍ مُعَقَّدةً استطاعتِ الانْتِظامَ في مُتعَضِّياتٍ حَيَّة.

الكائناتُ الأبسَط بين جميع المَخْلوقات هي كائناتٌ عديمةُ الأغشية النوويَّة والعُضَيَّات تُصَنَّفُ حاليًّا في عالَم المونيرا (بِدائيَّات النَّوَى) الذي يَضُمُّ مَجْموعتَيْن رَئيسيَّتَيْن: البَكْتِريا والسَّيانوبكتِريا (الطحالب الخضراء المُزْرَقَّة النَّباتيَّة الشَّكْل). وهي كائناتٌ بالِغةُ الدِّقَّة لا يُمكِنُ رُؤيتُها إلَّا عَبْرَ مِجْهرٍ قويّ.

والأَوالي مُتَعَضِّياتٌ وحيدةُ الخليَّة كالمُتمَوِّرات (الأميبا) والطحالبِ الدقيقة؛ لكِنَّها تَضُمُّ أيضًا مُتعَضِّياتٍ عديدةً تتألَّفُ من عِدَّة خلايا. بعضُ الأَوالي يَغْتذي كالحيَوانات، وبَعْضُها الآخَرُ يَغْتذي ذاتيًّا باحتِباسِ طاقةِ ضوءِ الشَّمْس كالنَّباتات. وهنالك أنواعٌ أُخرى من الأَوالي تَغْتذي بِكِلا الطريقتَيْن. كَثيرٌ من الأَوالي مُزَوَّدٌ بزائدةٍ طَرَفيَّة أو اثنتَيْن سَوطِيَّةِ الشَّكْل يَنْفُضُها الكائنُ لِيَدْفَع نَفسهُ قُدُمًا. ومن الأَوالي أنواعٌ صغيرةٌ صيَّادة يُمكِنُها اغتِمارُ الفريسةِ وهَضْمُها. مُعظمُ الأَوالي يتكاثَرُ بالانْقِسام (الانْشِطاريّ) إلى خليَّتَيْن جَديدتَيْن.



فَيروسُ (حُمَة) إيُولا، اصغَرُ حتَّى من الجُرثوم البَكْتيريّ. والمَعروفُ أنَّ الفَيْروساتِ لا تَستَطيعُ الحياةَ مُسْتَقِلَّةً بذاتِها، بَلْ بغَزْوِ خلايا كائناتٍ حيَّةٍ أُخرى. هذا الفَيْروسُ، الذي يُسبِّبُ حُمَّى الإيُولا، يُسَمَّى فَيْروسًا خَيطيًّا بِداعي شَكلِه الرَّفيع.



▼ طائفةُ الطُّحلبيَّاتِ تَشْمَلُ المَشْطوراتِ (الدَّياتُوميَّات) الوَحيدةَ الخليَّة والأعشابَ البَحْريَّةَ العِملاقة. هذه الصُّورةُ المُلْتَقطَةُ بمِجْهرٍ إلكترونيٍّ قويٍّ، تُبَيِّنُ خلايا طحلبيَّةً خضراءَ استِعلاقيَّةً تَلْتَصِقُ بِنَبْتةٍ أو نباتاتٍ أخرى كوسيلةِ دَعْم.

أنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والنَّاس ص 66 – 67
البَكْتِريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

الفُطْريَّاتُ والأُشْنات

الفُطْريَّاتُ والأُشْناتُ أشكالٌ حياتيَّةٌ بَسيطةٌ تعتَمِدُ في غِذائها وبَقائها على التَّعايُشِ التكافُليِّ مع نَباتاتٍ أُخرى أو مع بَعْضِها بَعْضًا.



غاريقون الذُّباب (أمانيتا مَسْكاريا) فُطْرٌ يَنْبَغي تجَنُّبُه لأنَّه سامٌّ؛ وقد يَقْتُلُ أيَّ حيوانٍ أو إنسانٍ يأكُلُه.

الفُطْريَّاتُ عَديمةُ اليَخْضور (الكلوروفيل)، ولِذا فهي، خِلافًا لِلنَّباتات عاجِزَةٌ عن تَخْليقِ غذائها الخاصّ. وهي تَغْتذي بِتَصْنيعِ كيماويَّاتٍ تُعَفِّنُ أجْسادَ كائناتٍ حيَّةٍ أُخرى (كالنَّباتات) وبَقاياها المَيْتة. ومع انْحِلالِ تلك الأَجْسام ومنها يَمْتَصُّ الفُطْرُ غِذاءَه. الفُطْريَّاتُ تَشْمَلُ عَيْشَ الغُراب والفُطْرَ الغاريقونيَّ والخمائرَ والفُطورَ المُخاطِيَّة.

يتألَّفُ الفُطْرُ الغاريقونيّ كما فُطْرُ عيشِ الغُراب من قِسْمٍ ظاهرٍ فوق الأرض هو «الجِسْمُ المُثْمِر»، ومن قِسْمٍ مُستَتِرٍ تحتَ التُّرْبةِ أو ضِمْنَ الخَشَبِ المُتَهَرِّئِ للشَّجر يُسَمَّى الأُفْطورة؛ ويَبْدو هذا كحَبيلةٍ غَزْلٍ من الخلايا الخيطيَّة. الجِسْمُ المُثْمِر من الفُطرِ يَظْهرُ عندما يُصبِحُ الفطرُ جاهِزًا لِلتكاثُر؛ وهو يحوي أبواغًا يُطلِقُها فتَذْروها الرِّياح.



لا بُدَّ لِجميعِ الفُطورِ من وسائلَ لِنَشْرِ أبواغِها. ففُطْرُ «نَجْمِ الأرض» يَرْفَعُ جِسْمَه المُثْمِرَ فوقَ التُّرْبةِ على «روافِعِ حَمْلٍ» نَجْميَّةِ الشَّكْل.

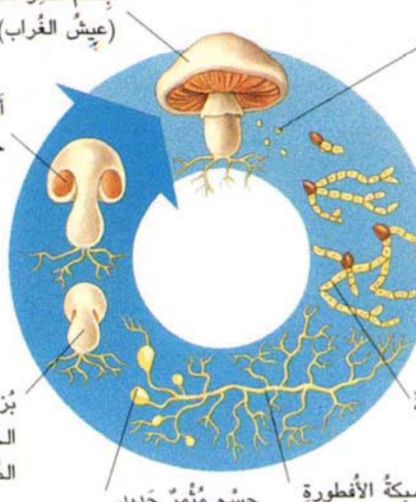
الأُشْنات

الأُشْنةُ هي في الواقِعِ كائنانِ حَيَّان هما طُحلُبٌ وَحيدُ الخليَّة وفُطْرٌ في تعايُشٍ تكافُليّ. فالطُّحْلُبُ يَستَخْدِمُ اليَخْضورَ (الكلوروفيل) لِيُحَوِّلَ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس إلى غِذاءٍ (بالتخليق الضوئيّ). وهذا الغِذاءُ يُعيلُ الطُّحلبَ والفُطْرَ كِلَيهما. وبالمُقابِلِ فإنَّ الفُطْرَ يَحْمي الطحلبَ من الظُّروفِ الخارجيَّة. وبعضُ الأُشْنات ذو غِشاءٍ جِلْديٍّ طباشيريٍّ صَلْد.

غالِبًا ما تتواجَدُ الأُشْناتُ على الصُّخور والجُدران وجُذوعِ الشَّجَر ولِحائها. وهي فائقةُ الجَلَدِ حتّى إنَّ باستِطاعتِها تَحَمُّلَ البَرْدِ القارسِ في القُطْبَين والثَّلجَ في قِمَمِ الجبالِ العالِية. وقد تُعَمِّرُ بعضُ أنواعِ الأُشْنات مُدَّةً تَبْلُغُ 4000 سَنة.

في شَراكةِ الأُشْنَةِ التعايُشيَّة، يُوَفِّرُ الفُطْرُ «الجِسْمَ الهَيْكليّ» للطُّحْلُبِ الوَحيدِ الخليَّة – فيما يَقومُ الطُّحْلُبُ بتَخْليقِ الغذاءِ وإبقاءِ التعايُشِ التكافُليّ مُسْتَمِرًّا وناجِحًا.



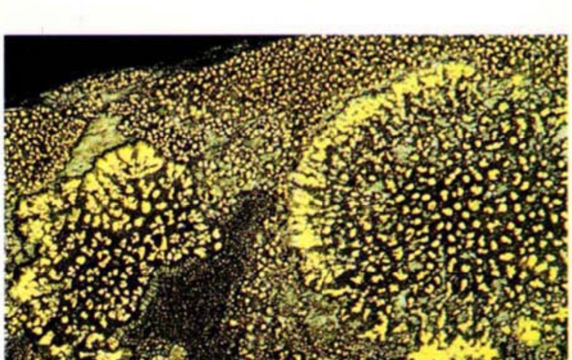


دَورةُ حياةِ الفُطْر. يُطلِقُ الجِسْمُ المُثْمِرُ أبواغًا تُشَكِّل حبائلَ أُفطوريَّةً جديدة. تَبْزُغُ الأجسامُ المُثْمِرةُ الجديدةُ صُعُدًا في الهواء وتَنْشُرُ أبواغَها الخاصَّة.

ضارَّةٌ ونافِعة

تُوَفِّرُ الأُشْناتُ غِذاءً لبعضِ الحيَواناتِ كأيايِلِ الرَّنة. وقد تُسْتَهْلَكُ الفُطورُ أيضًا طعامًا لِلحيواناتِ والناس. لكِنْ من المُهِمِّ جِدًّا تَعَرُّفُ نَوعِ الفُطْرِ قَبْلَ أكْلِه، لأنَّ بعضَ الأنواعِ سامٌّ يُعِلُّ المَعِدةَ وقد يُسَبِّبُ الوَفاة.

توجَدُ الأُشْناتُ أيضًا في البِحار وفي المياه العَذْبةِ حيثُ يُمكِنُ مُشاهدَتُها أحيانًا كزَبَدٍ (أو جُفاءٍ) على السَّطح. وتعيشُ بعضُ الفُطورِ كطُفَيليَّاتٍ على جُلودِ الحيوانات. والكَثيرُ من أمراضِ الجِلْدِ وأَخْماجِ الفَمِ والأُذُن سَبَبُها الفُطور. لكِنَّ الفُطورَ قد تكونُ أيضًا نافِعةً. فالپِنِسلين – المُضادُّ الحيَويُّ الفَعّال في عِلاجِ بعضِ الأمراضِ الخَطِرة، كَذاتِ الرِّئة والحُمَّى القِرمِزيَّة والروماتيزمِيَّة، يُحَضَّرُ من العَفَن (وهُو فُطْر)، كما إنَّ خَميرةَ الخُبْزِ أيضًا هي من الفُطور.



هذه الأُشْنَةُ (رايْزَكارپون جيُوغرافيكُوم) تنمُو في النَّروج. الأُشْناتُ تَسْتطيعُ تَحَمُّلَ مُسْتَوياتِ الحرارةِ والبُرودةِ والجَفافِ القُصْوى.

أُنْظُر أيضًا

تَصْنيفُ الكائنات الحيَّة ص 52 – 53

الحَيُوماتُ والمَواطِنُ البيئيَّة ص 68 – 69

النَّباتُ - عَرْضٌ تَشْريحيّ

النَّباتاتُ هي، باستِثْناءِ بعضِ البَكْتِريا، الكائناتُ الحيَّةُ الوَحيدةُ القادِرَةُ على تَخْليقِ غِذائها. فالأَعْشابُ الصغيرةُ والأَشْجارُ الضَّخْمَةُ تَشْتَرِكُ في البِنْيَةِ التركيبيَّةِ أو التَّشريحيَّةِ نَفْسِها.



الخَلايا النباتيَّةُ جاسِئَةٌ قاسِيةٌ لأنَّها ذاتُ جُدرانٍ من السِّلْيُولوز القَسِيّ؛ والحُويصِلاتُ تَخْتَزِنُ الماءَ؛ وجُبَيْلاتُ اليَخْضور تَحْتَبِسُ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس.

هُنالكَ طائفتانِ رئيسيَّتان من النَّباتات - اللَّاوِعائيَّاتُ، كالحَزازيَّاتِ والكَبِديَّات، التي تَفْتَقِرُ إلى أنسجةٍ تَنْقُلُ الماءَ والغِذاءَ من جُزْءٍ من النَّبْتةِ إلى آخَر، والوِعائيَّاتُ ذاتُ الأوعيةِ التي تقومُ بذلك. وهي الطائفةُ الأكبَرُ التي تَشْمَلُ الأشجارَ والنباتاتِ المُزْهِرة.

اِحتِياجاتُ النَّبات

النَّباتاتُ جميعُها تحتاجُ إلى الضَّوءِ، لأنَّها تَستَخْدِمُ طاقةَ ضَوءِ الشَّمْس لِتَخْليقِ غِذائها. وهي بِحاجةٍ إلى الماءِ والمَعادِنِ التي تَحْصُلُ عليها عَبْرَ جُذُورِها. ولاحتِياجاتِ التكاثُرِ يُنْتِجُ الكثيرُ من النَّباتاتِ أزهارًا تُوَلِّدُ البُزُور. وقد تتكاثرُ النباتاتُ أيضًا بِرسائلَ أُخرى كالأرآد والأغصانِ العكيسة - مثلًا يَمُدُّ تُوتُ الأرض سُوقًا زحّافةً تتجذَّرُ وتُصبِحُ نباتاتٍ مُستقِلَّةً. جميعُ النَّباتاتِ تتألَّفُ من خلايا؛ وتَخْتلفُ الخلايا النباتيَّةُ عن الخلايا الحيَوانيَّةِ في أنَّها تمتَصُّ الماءَ وتَكْبُرُ وتَقْسو مع تقدُّمِ عُمْرِ النَّبْتة. لِذا نَجِدُ الخُضَرَ الفَتيَّةَ أطرى للأكلِ من الشائخة. وَتبني الخلايا النباتيَّةُ جُدْرانًا سَميكةً من السِّلْيُولوز، وتَلْتصِقُ كُلُّ خليَّةٍ اِلْتِصاقًا راسِخًا بِجُدران الخلايا المُجاوِرة.

سِحْرُ اليَخْضور

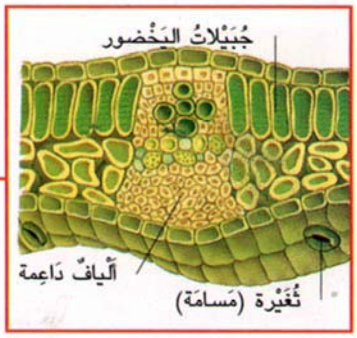
تَختلِفُ الخلايا النباتيَّةُ أيضًا عن الخلايا الحيوانيَّة باحتِوائها خِضْبًا أخضرَ يُسَمَّى اليَخْضورَ (الكلوروفيل). هذا الخِضْبُ يُمَكِّنُ النَّباتاتِ من تَخْليقِ غِذائها بِمُساعَدةِ ضوءِ الشَّمْس. ولا تَسْتطيعُ القِيامَ بهذه العمليَّةِ الكيماويَّة المُمَيَّزة إلَّا النَّباتاتُ وبعضُ البَكْتِريا فقط.

هنالكَ خلايا كثيرةٌ في كُلِّ نَبْتةٍ؛ ولِكُلِّ مَجْموعةٍ من هذه الخلايا وظيفَتُها الخاصَّة. أجزاءُ النَّبْتةِ الرئيسيَّةُ هي الجُذورُ والسَّاقُ والأوراقُ والأَزْهار.

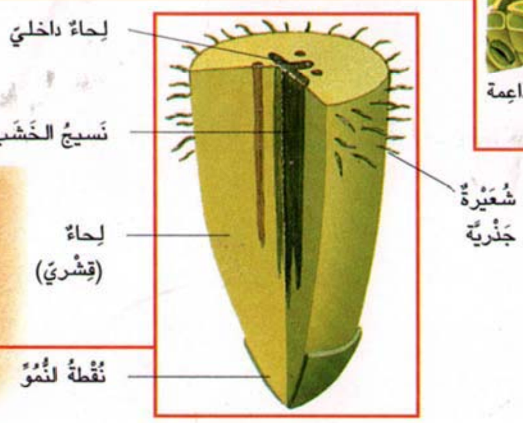




أشكالُ الأوراقِ مُتعَدِّدةٌ، لكِنَّها كُلَّها مُتماثِلةُ التَّصميمِ الأساسيّ. فَنَصْلُ الوَرقةِ يَنْمو من سُوَيقٍ يُدعى العُنَيْق، والعُروقُ تَنْقُلُ الماءَ والمعادِنَ والسُّكَّر.



خلايا الورقةِ مُرْتَصَّةٌ بِجُبَيْلات اليَخْضور. يَمُرُّ غازُ الأكسجين وغازُ ثاني أكسيد الكربون عَبْرَ مَسامَّ دَقيقةٍ تُسَمَّى ثُغَيْرات.



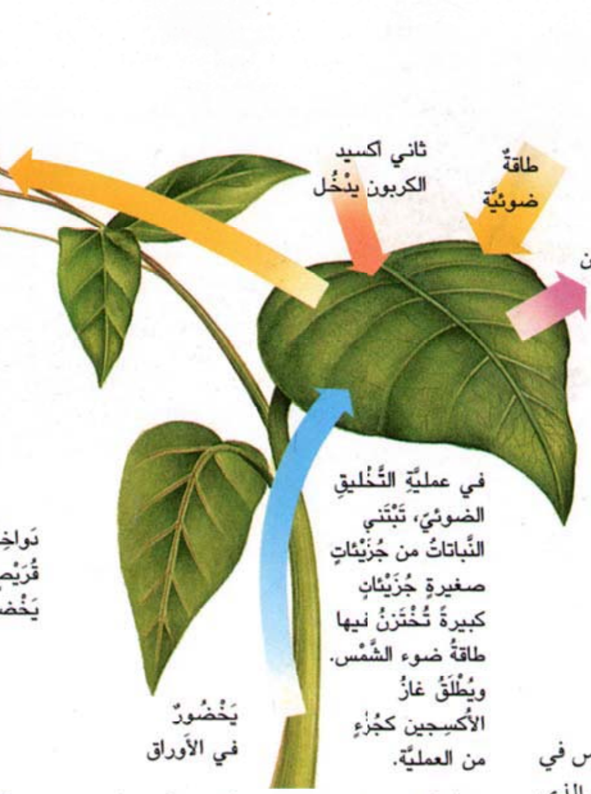
يُمْتَصُّ الماءُ والمَعادِنُ بواسِطةِ الشُّعَيْراتِ الجَذْريَّةِ وتُنْقَلُ حولَ النَّبْتةِ باوعيةٍ أُنبوبيَّةٍ في النَّسيجِ الخَشَبيِّ واللِّحاءِ الداخليّ. وتَحْمي نُقْطَةَ نموِّ الجَذْرِ قَلَنْسوةٌ (كُمَّةٌ) عاسِيَة.

الجُذُور
الجُذورُ تُرَسِّخُ النَّبْتَةَ في الأرض. وهي تَمْتَصُّ الماءَ والأَملاحَ المَعْدِنيَّةَ من التُّرْبةِ عَبْرَ شُعَيْراتٍ دَقيقة. وتَحْمي القَلَنْسوةُ رأسَ الجَذْر وهو يَشُقُّ طريقَهُ عَبْرَ التُّرْبةِ بَحْثًا عن الماء.

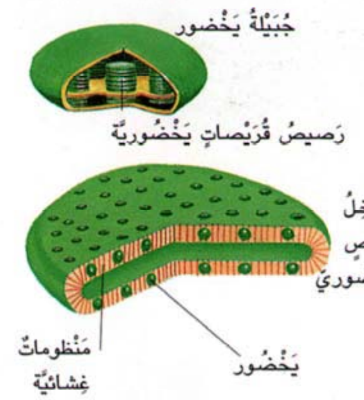
السَّاق
السَّاقُ تَدْعَمُ الأوراقَ والأَزْهار. والأوعيَةُ الأُنبوبيَّةُ بداخلِها تَنْقُلُ الماءَ والغذاءَ، وفي بعض النَّبتات تَخْتَزِنُهما. عندما تكونُ هذه الأوعيةُ مُكْتَنِزَةً بالماءِ تكونُ السَّاقُ قويَّةً مُشْتَدَّةً؛ وعند الافْتِقارِ إليه تَغْدو السَّاقُ ضَعيفةً رِخْوةً فتَذْوي النَّبْتةُ وتَذْبل. أمَّا خَشَبُ الشَّجَرِ فهو في الواقِع كُتْلةٌ من الأوعِيةِ الأُنبوبيَّةِ المُتَيَبِّسة.

الأَوْراق
الأَوْراقُ هي مَصانِعُ الغِذاءِ في النَّبْتة. فخَلاياها تَحْوي اليَخْضورَ (الكلوروفيل) الذي يَستَخدِمُ طاقةَ ضَوءِ الشَّمْس في تَخْليقِ الغِذاءِ من ثاني أكسيد الكربون في الهواء والماءِ الذي تَمْتَصُّه الجُذورُ من التُّربة. العُروقُ تَنْقُلُ الماءَ إلى الأوراق، ومن ثَمَّ الغِذاءَ المُصَنَّعَ في الأوراقِ إلى بَقيَّةِ أجزاءِ النَّبْتة.

الأَزْهار
في الكثيرِ من النباتات، الأزهارُ هي الأجزاءُ التناسُليَّة. مُعْظمُ الأزهار تحوي أَعضاءً ذَكَريَّةً (أَسْدِيَة) وأعضاءً أُنثويَّة (مِدقَّات). يُخَلِّقُ الجُزْءُ الذكريُّ حُبَيْبات اللِّقاح التي تُلقِّحُ الجُزْءَ الأُنثويَّ (غالبًا في زَهْرةٍ أُخرى). هذا التلقيحُ (أو التأبير) يُنْتِجُ بِزْرةً يُمكِنُ أن تَنْمُو منها نَبْتةٌ جديدةٌ. بعضُ النَّباتات تَنْشُرُ حُبَيْباتِ لَقاحِها من نَبْتةٍ إلى أُخرى بواسِطةِ الرِّيح، وبعضُها الآخَرُ يَعْتمِدُ على الحَشَراتِ وحيواناتٍ أُخرى لِنَقْلِ هذه الحُبَيْبات. بعضُ الأزهار تَنْمُو مُفْردةً، وبعضُها الآخَرُ يُشَكِّلُ عناقيدَ زَهْريَّة. والأَزْهارُ في مُعْظمِها ذاتُ أَلوانٍ رائعةٍ ورَوائحَ زكيَّةٍ، لكِنَّ البَعضَ منها باهِتُ اللَّون عديمُ الرائحة.



في عمليَّةِ التَّخْليقِ الضوئيّ، تَبْتَني النَّباتاتُ من جُزَيْئاتٍ صغيرةٍ جُزَيْئاتٍ كبيرةً تُخْتَزَنُ فيها طاقةُ ضوءِ الشَّمْس. ويُطْلَقُ غازُ الأُكسِجين كجُزءٍ من العمليَّة.



داخِلَ جُبَيْلاتِ اليَخْضور في خلايا النَّبْتة، تَتواجَدُ اكداسٌ من قُرَيْصاتِ اليَخْضور الدقيقة. كُلُّ قُرَيْصٍ منها يَحْوي يَخْضُورًا يَمْتَصُّ أشِعَّةَ الضَّوء.

بواطِنُ وظَواهِرُ الحياة النباتيَّة
عمليَّةُ تَصْنيعِ الغذاءِ في أوراقِ النَّبات تُسَمَّى التَّخْليقَ الضَّوئيَّ (أو التمثيلَ الكلوروفيليّ). فالماءُ من الجُذورِ وغازُ ثاني أكسيد الكربون من الهواء يَتَّحدانِ كيماويًّا في هذه العمليَّة لِيُنْتِجا الغلُوكوزَ (نوعًا من السُّكَّر) وغازَ الأكسِجين. تَستَخدِمُ النَّبْتةُ الغلُوكوزَ كَوَقُودٍ لإنتاجِ الطاقة في عمليَّةِ التَنَفُّس.

تَترابطُ جُزَيْئاتُ الغلُوكوز معًا في سِلْسِلَتَيْن طويلتَيْن، إحداهُما تُسَمَّى السِّلِيُولوز، الذي يُستَخْدَمُ في النمُوّ وبناءِ جِسْمِ النَّبْتة، والسِّلْسِلةُ الأُخرى هي النَّشا الذي يُسْتَخْدَمُ كمَخْزونِ غِذاءٍ احْتِياطيّ. كذلك تُصَنِّعُ النَّباتاتُ أيضًا حوامِضَ أمينيَّةً للبروتينات والأنزيمات والهُرْمونات.



أوراقُ المِيمُوزا پُودِيكا، «المُسْتَحِيَة أو النَّبْتةِ الحَسَّاسة» تَنْطبِقُ معًا عندما تُلْمَس. هذه الحَرَكةُ الدِّفاعيَّةُ تُحْدِثُها تَغَيُّراتٌ في الضَّغْطِ ضِمْنَ بعضِ الخلايا.



أشواكُ الوَردِ الحادَّةُ هي أوراقٌ مُحَوَّرةٌ، تَمْنَعُ الحيَواناتِ الجَوعَى من الْتِهامِ أوراقِ النَّبْتةِ وثِمارِها وأزْهارِها.





هذه الصُّورُ المُتَعاقبة زَمَنِيًّا تُبَيِّنُ زَهْرةَ زَنْبقٍ تَتفَتَّح. الكثيرُ من الأزهارِ يُؤَبَّرُ بواسطةِ الحَشَراتِ التي تَجْتذِبُها ألوانُ التُّوَيْجيَّات الزَّاهِيَة والرَّحيقُ الطَّيِّبُ المَذاقِ والرَّائحة. ووَسَطُ الزَّهْرة، حيثُ تَتواجَدُ أعضاءُ التناسُل، هو المِنْطَقةُ المُسْتَهْدَفةُ للحَشَراتِ الزَّائرة.

أُنْظُر أيضًا
اللاَّزَهْرِيَّات ص 58
النباتاتُ المُزْهِرة ص 59 – 61
الثِّمارُ والبُزُور ص 62 – 63

اللّازَهْرِيَّات

مُنْذُ حَوالى 400 مِليون سَنة، بدأَتِ النَّباتاتُ تَسْتوطِنُ اليابسة - فكانت أسلافَ بعضِ أنواعِ النَّباتاتِ المُتواجدة حاليًّا كالسَّراخِس والكُنباثيّاتِ (أذناب الخَيْل) والحَزاز والكَبِديّات.

في عُصورٍ ما قَبْلَ التاريخ، كانت الأرضُ مُغَطّاةً بحَصيرٍ كَثيفٍ من السَّراخسِ والكُنْباثيّات والكَبِدِيّات وحَزازيّاتِ رِجْل الذئب. هذه النَّباتاتُ لا تزالُ شائعةً حاليًّا؛ وهي تُمَثِّلُ بعضَ أبسَطِ الأنواع البِدائيّة في عالَمِ النَّبات. وخِلافًا للنَّباتاتِ المُزْهِرةِ الأكثرِ مألوفيَّةً، فإنَّ تلك النَّباتاتِ اللّامُزْهِرةَ تَفْتقِرُ إلى الأزهارِ أو البُزُور. وهي تَسْتَعيضُ عنها للتكاثُرِ بنَثْرِ وَحَداتٍ تناسُليَّةٍ دَقيقةٍ تُسَمّى الأبواغَ في التيّاراتِ الهوائيّة.



▲ تَتَكَتَّلُ الحزازيّاتُ معًا، مُكَوِّنَةً غالبًا حُصُرًا كثيفةً لا تَسْتطيعُ أيُّ نباتاتٍ أُخرى العيشَ فيها. الاسمُ العِلْميُّ لهذا الحَزاز هو لِيُوكُبْرِيُوم غْلُوكُم.

الحَزازُ والكَبِديّات

الحَزازُ والكَبِديّاتُ تؤلِّفُ شُعبةَ الحَزازيّات في عالَمِ النَّبات. وخِلافًا لِلنَّباتاتِ المُزْهِرة، فإنَّ الحَزازيّاتِ لا جُذُورَ حقيقيّةً لها؛ فتَسْتَعيضُ عنها بشِبْهِ جُذُورٍ خيطيّةٍ ضَحْلةٍ تُثَبِّتُ النَّبْتةَ في الأرض دونَ أن تكونَ لها القُدرةُ على امْتِصاصِ الماءِ أو الغِذاء. والحَزازيّاتُ ذاتُ أوراقٍ عديمةِ العروق، ومُعْظَمُ أنْواعِها صَغيرٌ نَوعًا.

يَنْزِعُ الحزازُ والكَبِديّاتُ إلى الأماكنِ الظَّليلةِ الرَّطْبة، لكِنَّ الحَزازَ قد يتلَصَّقُ بالفُسَحِ المكشوفةِ على الصُّخورِ والجُدْران. ويُكَوِّنُ حَزازُ الإسفَغْنُون حُصُرًا سَميكةً في المناقِعِ والسَّبَخات. وتَتحوَّلُ البَقايا المَدْهوكةُ لهذه النَّباتاتِ المَيْتةِ في نِهايةِ المآلِ إلى خُثّ.



تَنْزِعُ الكُنْباثيّاتُ (أذنابُ الخَيْل) إلى العيشِ في الأماكنِ الرَّطْبةِ كالسَّبَخات. والكُنْباثُ المَنْقَعيُّ ذو ساقٍ جَوْفاءَ مُتَمَفْصِلةٍ - فتَبْدو أشبَهَ بشَجرةٍ صُغْرِيّة.

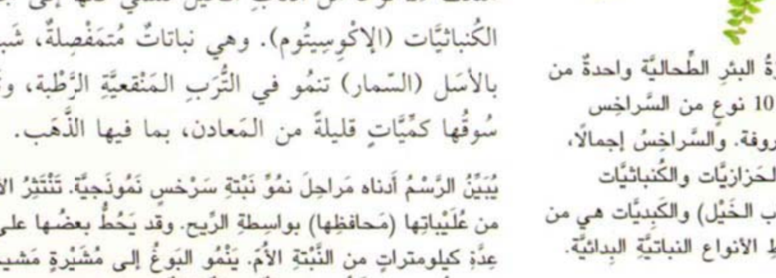


كُزْبَرَةُ البئرِ الطُّحاليَّة واحدةٌ من 10 000 نوعٍ من السَّراخِس المَعْروفة. والسَّراخِسُ إجمالًا، مع الحَزازيّات والكُنباثيّات (أذناب الخَيْل) والكَبِديّات هي من أبْسَطِ الأنواع النباتيّةِ البِدائيّة.

الكُنْباثيّات (أَذْنابُ الخَيْل)

هنالك 29 نوعًا من أذنابِ الخَيل تَنْتَمي كُلُّها إلى جِنْسِ الكُنباثيّات (الإكْوِسِيتُوم). وهي نباتاتٌ مُتَمَفْصِلةٌ، شَبيهة بالأَسَل (السّمار) تنمُو في التُّرَبِ المَنْقَعيَّةِ الرَّطْبة، وتَحوي سُوقُها كمّيّاتٍ قليلةً من المَعادن، بما فيها الذَّهَب.

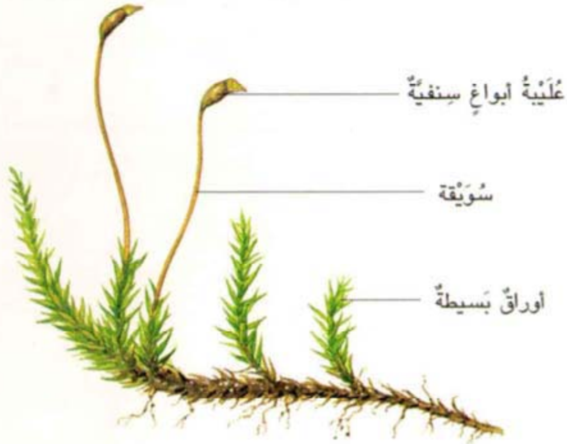
يُبَيِّنُ الرَّسْمُ أدناه مَراحِلَ نمُوِّ نَبْتةِ سَرْخسٍ نَمُوذَجيّة. تَنْتَثِرُ الأبْواغُ من عُلَيْباتِها (مَحافظِها) بواسِطةِ الرِّيح. وقد يَحُطُّ بعضُها على بُعْدِ عِدَّةِ كيلومتراتٍ من النَّبْتةِ الأمّ. يَنْمُو البَوغُ إلى مُشَيْرةٍ مَشيجيّة (پروثالُوس) تَتَنشَّأُ منها نابِتَةٌ بَوغيّةٌ فَتِيّةٌ تتحوَّلُ إلى سَرْخسٍ بالغ. وهذا السَّرْخَسُ يُنَمّي، في أعلاه، الرأسَ المُعكَّفَ النموذجيَّ الكَمَنْجيَّ الشَّكْل.



عُلَيْباتُ (أو مَحافظُ) الأبواغ

مُشَيْرةٌ مَشيجيّة (پروثالُوس)

نابِتَةٌ بَوْغيَّةٌ فَتيَّة



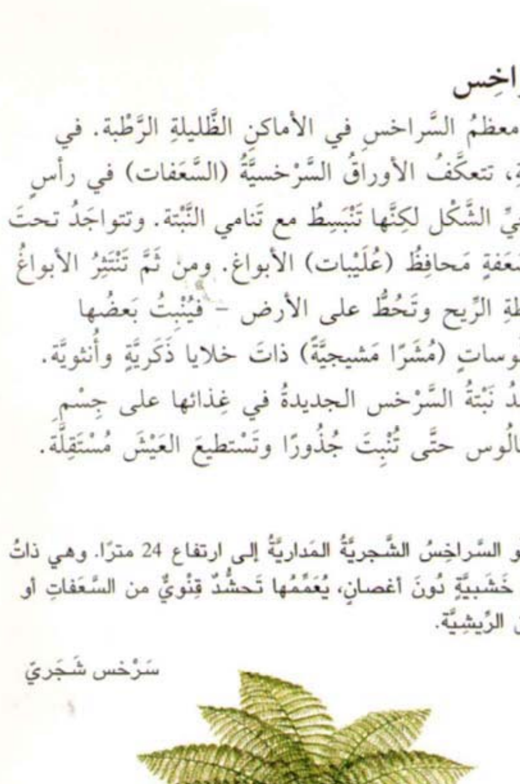
لِلحَزازيّات شِبْهُ جُذُورٍ خيطيّة بدَلَ الجُذُورِ الحقيقيّة، وأوراقُها عديمةُ العُروق. وهي تُنْتِجُ بدَلَ الازهارِ بِنًى تناسُليّةً تُسَمّى اسنافًا بَوْغيَّةً.

السَّراخِس

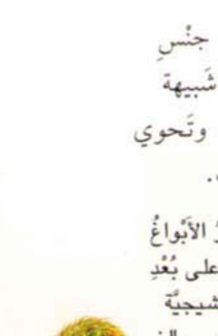
تَنْمُو معظمُ السَّراخسِ في الأماكنِ الظَّليلةِ الرَّطْبة. في البِداية، تتعكَّفُ الأوراقُ السَّرْخسيَّةُ (السَّعَفات) في رأسٍ كَمَنْجيِّ الشَّكْل لكِنَّها تَنْبَسِطُ مع تَنامي النَّبْتة. وتتواجَدُ تحتَ كُلِّ سَعَفةٍ مَحافِظُ (عُلَيْبات) الأبواغ. ومِن ثَمَّ تَنْتَثِرُ الأبواغُ بواسِطةِ الرِّيح وتَحُطُّ على الأرض - فيُنْبِتُ بَعضُها پروثالُوساتٍ (مُشَرًا مَشيجيَّةً) ذاتَ خلايا ذَكَريَّةٍ وأُنثويَّة. وتَعتمِدُ نَبْتةُ السَّرْخس الجديدةُ في غِذائها على جِسْمِ الپروثالُوس حتّى تُنْبِتَ جُذُورًا وتَسْتطيعَ العَيْشَ مُسْتَقِلَّة.

قد تَعْلُو السَّراخِسُ الشَّجريَّةُ المَداريَّةُ إلى ارتفاع 24 مترًا. وهي ذاتُ جُذوعٍ خَشَبيَّةٍ دُونَ اغصانٍ، يُعَمِّمُها تَحشُّدٌ قِنْويٌّ من السَّعَفاتِ أو الأوراقِ الرِّيشيَّة.

سَرْخس شَجَريّ







سَعَفة (ورقةُ سرخَس)

أُنظُر ايضًا

الحياة: الأصولُ والتطوُّر ص 50 - 51، النَّبات - عَرْضٌ تَشْريحيّ ص 56 - 57، الحَيُوماتُ والمواطِنُ البِيئيَّة ص 68 - 69 إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة ص 438 - 439

النَّباتاتُ المُزْهِرة

النَّباتاتُ المُزهِرةُ (أو وِعائيَّاتُ البُزُور) هي الأَنْجَحُ بينَ جميعِ النَّباتات. تتكاثَرُ وِعائيَّاتُ (أو مُغلَّفةُ) البُزُورِ بِبُزُورٍ تَنشَأُ وتَنمُو في مَبيضاتِ أَزْهارها.

تُعتبَرُ النَّباتاتُ المُزْهِرةُ، وِعائيَّاتُ البُزُور، من بين أَنْجَحِ المُتعضِّيات على الأرض. وهي تَشْمَلُ مُعظمَ نَباتاتِ حَدائقنا، ومَحاصيلِنا الزِّراعيَّة، والأزهارَ التي تُزرَعُ غالبًا للزِّينة. ويَتراوحُ قَدُّ هذه النباتاتِ بين أعشابِ البِرَكِ الدقيقةِ وبينَ الأشجارِ الكبيرةِ كالبَتُولا والبَلُّوط. أَجِنَّةُ وِعائيَّات البُزُور الناميَةُ مُحاطةٌ بِبِنًى خاصَّةٍ، ضِمْنَ الزَّهْرة، تُسمَّى بُزُورًا؛ وبعدَ الإخصابِ تُصانُ البُزُورُ داخِلَ الثَّمَرة. وهكذا، تتوَفَّرُ للنَّباتاتِ المُزْهِرةِ إستراتيجيَّةُ بَقاءٍ أَقَلُّ خطَرًا من أَنواعِ نباتاتٍ أُخرى. ولعَلَّ ذلك من أسبابِ نَجاحِها وازْدِهارِها.

العالَمُ أغْنَى بِها

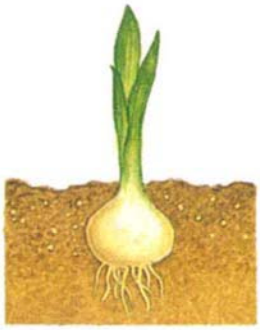
يعتقِدُ العُلماءُ أنَّ النَّباتاتِ المُزْهِرةَ قد تطوَّرَت من مَجموعةِ صَنَوبَريَّاتٍ بائدةٍ عاشَت منذُ حوالى 250 بليون سَنة في العَصْرِ البِرميّ. وبتطوُّرِها، كان لتِلكَ النَّباتاتِ المُزْهِرة تأثيرٌ عظيمٌ على المُتعضِّياتِ الحيَّةِ الأُخرى. فالكثير من الحيواناتِ اغتذَى بها قُوتًا أو استَمْتَعَ بما تحويه أزهارُها من رَحيقٍ (مِعْثِر). وبعضُ الحيَواناتِ اتَّخذَ منها وفيها مَلجأً وبيئةَ عَيْش. وبِها وبأزهارِها أضحى العالَمُ، بِمُختلِف كائناتِه، أجمَلَ وأغنَى.

فِئتان رَئيسيَّتان

هنالك فئتانِ رَئيسيَّتان من النَّباتاتِ المُزْهِرة تَتمايَزان بطريقةِ تكوُّنِ أوراقِهِما عندَ إنتاشِ البِزْرةِ ونمُوِّها. الفئةُ الأُولى المُسَمَّاةُ أُحاديَّاتِ الفِلْقة ذاتُ ورقةٍ (فِلْقةٍ) بِزْريَّةٍ واحدة. والفئةُ الثانية، المُسمَّاةُ ثُنائيَّاتِ الفِلْقة، ذاتُ ورَقتين بِزْريَّتَيْن. أُحاديَّاتُ وثُنائيَّاتُ الفِلْقةِ تَختلِفان في نواحٍ عِدَّة. فأوراقُ ثُنائيَّاتِ الفِلْقة، مثلًا، تكونُ عادةً عَريضةً وتَنْمُو من طَرَفِها القِمِّيّ. كما إنَّها تَتَّخِذُ أشكالًا مُتعَدِّدةً، وحَوافُّها إمَّا مَليسةٌ أو غَيْرُ مُنتَظِمة. أمَّا أوراقُ أُحاديَّاتِ الفِلْقة فنَصْليَّةٌ (طويلةٌ ضَيِّقةٌ) كوَرقةِ العُشْب. وهي تَنمُو عادةً من القاعِدة - لا مِن طَرَفِها القِمِّيّ. لذا فإنَّ الأعشابَ لا تَذْوي وتَموتُ عندما تَقْضِمُ الحيَواناتُ رُؤوسَها. أمّا أوراقُ ثُنائيَّات الفِلْقة فتموتُ عادةً عندما تُقْضَمُ رُؤوسُها. ◄

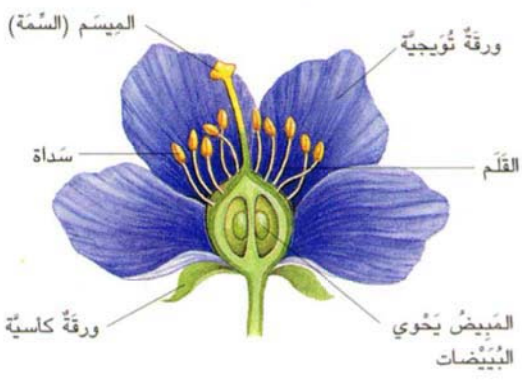


الفِلْقةُ هي الجُزْءُ الوَرَقيُّ من جَنينِ النَّبْتة. وهي تُوَفِّرُ للجَنين المُغذِّياتِ التي يَحتاجُ إليها خِلالَ فَترتَي الإنتاشِ والنَّماء.



▲ تتميَّزُ أُحاديَّاتُ الفِلْقة بأوراقٍ مَلْساءَ مُتوازيةِ التَّعْريق تَنْمُو من قاعِدةِ النَّبْتة. وأجزاءُ الزَّهْرةِ فيها عادةً ثُلاثيَّةُ التَّضاعُف.

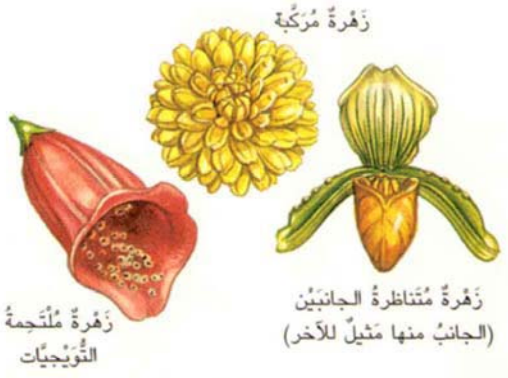
أجزاءُ الزَّهْرة



وِعائيَّاتُ البُزُور تُبرِزُ أعضاءَ التناسُل فيها للمُبَثِّراتِ الحَشَريَّةِ المُحْتَمَلة بواسِطةِ أزهارِها، التي أيضًا تَحْمي هذه الأعضاء. الأسْديَةُ تُنْتِجُ خَلايا جِنْسيَّةً ذَكَريَّةً تُسَمَّى حُبَيْباتِ اللِّقاح (غُبارَ الطَّلْع). وهذه تُنْقَلُ إلى الخلايا الجِنْسيَّةِ الأُنثويَّة، المُسَمَّاةِ بُيَيْضاتٍ، عَبْرَ الميسَم (السِّمَة).



◄ البُستانيُّونَ يَختارون مُمَيِّزاتٍ نَوعيَّةً خاصَّةً عندَ استيلادِ أزْهارِ الحدائقِ الزِّينيَّة.



▲ تتَّخِذُ الأزهارُ تَصاميمَ مُتفاوِتةً عديدةً تَعكِسُ تَنوُّعَها الهائل. فزَهْرةُ الأُقحوان مِثالٌ على زَهْرةٍ مُرَكَّبة، والقِمْعيَّةُ الأُرجوانيَّةُ (الدِّيجيتالِس) مُلتحِمةُ التُّوَيْجيَّات، والزَّنابِقُ ثُنائيَّةُ التَّماثُل (مُتَناظِرةُ الجانبَيْن).



على مَدى العُصور طوَّرت بعضُ النَّباتات أزْهارًا تُحاكي الحَشَرات لإجْتذابِها كمُبَذِّراتٍ مُحتَمِلة. فزَهْرةُ الأركيد (السَّحلَبيَّة) النَّحليَّةُ شَبيهةٌ بالنَّحْلة. فتُقارِبُها النَّحْلُ العابِرةُ للتزاوُج فتَجْمَعُ حُبَيْباتِ اللَّقاح وتُبَذِّرُ بها الزَّهْرةَ التاليةَ التي تَحُطُّ عليها.



النَّباتاتُ المُزْهِرةُ التي تَعيشُ في الصَّحاري الحارَّة، كالصَّبَّارِ المُبَيَّنِ أعلاه، تُزْهِرُ بِسُرعةٍ بعدَ الأمطارِ المَوسِميَّة، وتُنْتِجُ بُزورًا قد لا تُنْبِتُ حتَّى مَوسِمِ المَطر التالي.



خَنَّاقُ الذُّباب نَبْتةٌ لاحِمةٌ تَغْتذي بالحَشَرات. ولَوْنُ أوراقِها المُحَوَّرةِ الأحمرُ الزَّاهي يَجْتَذِبُ الحَشَرات، فتُحْتَبَسُ الحَشَرةُ عندما تُطْبِقُ عليها تلكَ الأوراق بِحَرَكةٍ خاطِفة.

وثُنائيَّاتُ الفِلْقة ذاتُ سُوقٍ مُعقَّدةٍ خَشَبيَّةٍ أو رِخْوِيَّةٍ لَيِّنة. وفي داخِلِ السَّاقِ حُزَمٌ أُنبوبيَّةٌ مُنْتَظِمةٌ حَلْقيًّا حوْلَ لُبٍّ مَرْكزيّ. وهذه الأنابيبُ أو الحُزَمُ الوِعائيَّةُ هي بِنًى مُهِمَّةٌ تَنْقُلُ الماءَ والأملاحَ والمُغَذِّياتِ حوْلَ النَّبْتة. ومع تَنامي النَّبْتةِ الخَشَبيَّةِ الثُّنائيَّةِ الفِلْقة، تُضيفُ السَّاقُ حَلَقاتِ نُموٍّ جديدةً. فتَثْخُنُ وتَغْلُظ. أمَّا بتنامي النَّبْتةِ الأُحاديَّةِ الفِلْقةِ فإنَّ السَّاقَ تطولُ دونَ أن تَثْخُنَ ودونَ إضافةِ حَلَقاتِ نموٍّ جديدة.

النُّمُوُّ النَّباتيّ

النَّباتاتُ، خِلافًا لِلحيَوانات، تَسْتَمِرُّ في النُّمُوِّ طَوالَ حياتِها. وفي الظُّروفِ المُؤاتيَة، تَنْمُو بعضُ النَّباتاتِ بِسُرعةٍ فائقة. ففي مُناخِ الغاباتِ المَداريَّة المَطيرة، يُمكِنُ أن تنمُوَ نَبْتةُ الخَيْزُرانِ (القصَب) 30 سم في اليوم.

الكثيرُ من النَّباتاتِ حَوليٌّ، أي إنَّ النَّبْتةَ منه تَنْمُو وتُزْهِرُ وتُبْذِرُ وتَموتُ في مَدى عامٍ واحد. وبعضُ النَّباتات مُحْوِلٌ أي ثُنائيُّ الحَوْل، تَتْبَعُ النَّبْتةُ منه دَورةً حياتيَّةً من عامَيْن. فهي تُنْمي ساقًا وبِضْعةَ أوراقٍ خِلالَ الصَّيْفِ الأوَّل. ثُمَّ، بعدَ الصَّقيعِ الأوَّل، تَموتُ تِلك السَّاقُ والأوراقُ ولا يَبْقَى من النَّبْتةِ إلَّا الجُذور. وخِلالَ مَوسِمِ النَّماءِ الثاني تُنَمِّي النَّبْتةُ ساقًا جديدةً وكَثْرةً من الأوراق وأزهارًا زاهيةَ الألوان تُنْتِجُ البُزور. وتَموتُ ثُنائيَّاتُ الحَوْل بعدَ عامِها الثاني. وبعضُ النَّباتاتِ مُعَمَّر يَعيشُ أكثرَ من سَنَتَيْن ويُثْمِرُ عِدَّةَ مَرَّاتٍ في حياته. ومن هذه النباتاتِ ما له سُوقٌ عُشبيَّةٌ تَموتُ سوقُه وأوراقُه في الشِّتاء، كالنَّجيلِ وزَهْرةِ الرَّبيع. وتَبْقى الجُذورُ فتعودُ النَّبْتةُ على مَدى مواسِمَ مُتَعاقبة. ومنها ما له سُوقٌ خَشَبيَّةٌ كالشَّجر.

إسْتِراتيجيَّاتُ التَّناسُل

أبواغُ عَيشِ الغُراب (وهي وَحَداتُ التكاثُر) تَنْتَثِرُ مع الرِّيح بالملايين. لكِنَّ قِلَّةً منها فقَط تَسْقُطُ في مَواقِعَ مُلائمةٍ لِتَنْمُو كفُطُورٍ جديدةٍ من عَيْشِ الغُراب. إسْتراتيجيَّةُ النَّباتاتِ المُزْهِرة أقَلُّ مُخاطرةً لأنَّها لا تَعتمِدُ على الإخصاب (التلقيح) صِدْفةً. فالخلايا الذَّكَريَّةُ (حُبَيْبات اللَّقاح) تَتَّحِدُ بالخلايا الأُنثَويَّةِ (البُيَيْضات) لِتُنْتِجَ جَنينًا مُحْتَوًى في بِنْيَةٍ واقِيةٍ هي البِزْرة. ثُمَّ تُنْثَرُ البُزورُ بِوَسائلَ عديدةٍ - حَمْلًا مع الرِّيح أو بواسِطةِ حيَواناتٍ تَتَمَسَّحُ بالنَّبْتةِ، أو قد يَلْتَهِمُها مع النَّبْتةِ حيوانٌ فيَنْثُرُها لاحِقًا في رَوْثِه.

دَواخِلُ الزَّهْرة

رُغْمَ التنَوُّعِ الهائلِ في نَمَطِ الأزْهار، فهي كُلُّها تُزْهِرُ بِطَريقةٍ مُماثِلة. هنالك عادةً أربَعُ مَجْموعاتٍ رئيسيَّةٍ من الأعضاءِ الزَّهْريَّة هي الكأسيَّاتُ والتُّوَيْجيَّاتُ والأسْدِيَةُ (تتألَّفُ السَّداةُ من مِئبرٍ وخيط) والمِدَقَّات (تتألَّفُ المِدقَّةُ من مِيسَمٍ وقَلَمٍ ومَبيض). وتُسَمَّى هذه الأعضاءُ مُجْتَمِعَةً حَويَّةً أو دَوَّارةَ الزَّهْرة، وقد تَتَراتَب في نَسَقٍ لَوْلَبيٍّ أو في المُسْتَوى نَفْسِه.



الفِنِسْتريا نَبْتةٌ في إفريقية الجَنوبيَّة تَقْبَعُ أوراقُها محميَّةً تحتَ الرَّمْل، ولا يَبْرُزُ منها فوقَ سَطْحِ الأرض سِوى رُؤوسِها لإمْتِصاص ضوءِ الشَّمْس.



◄ يَزْدرِعُ المُزارِعون كثيرًا من النَّباتاتِ المُزْهِرة كنَبَتاتِ الشَّاي والبُنّ، التي تُحَضَّرُ منها أشربةُ الشَّاي والقهوة. وتُسْتَنْبَتُ نَباتاتٌ مُزْهِرةٌ أُخرى لِخَصائصها الطِّبِّيَّة - كالقِمْعيَّاتِ الأُرجوانيَّة، مثلًا، التي يُسْتَخْرَجُ من أوراقِها مادَّةُ الدِّيجيتالِس الكيماويَّة المُستخدَمةُ في مُعالجةِ حالاتٍ قَلْبيَّةٍ مُعَيَّنة. أمَّا نباتاتُ عبَّادِ الشَّمْس (الطُّرْنُشول أو دَوَّار الشَّمْس) المُبَيَّنةُ هنا فتُزْرَع لِبُزورِها التي يُسْتَخْرَجُ منها زَيْتُ دَوَّار الشَّمْس.



السُّبُلَةُ (ثَعلبيَّةُ المُروج) والخَرْطالُ العالي (إلى اليمين) هما نَبْتتان مُتداخِلَتان من مَجْموعةِ الأعشابِ الأُحاديَّةِ الفِلْقة. امَّا غُرْنوقيَّةُ المُروج (إبرةُ الراعي) (إلى اليَسار) فهي من ثُنائيَّاتِ الفِلْقة.

الكأسيَّاتُ هي وُرَيْقاتُ الطَّبَقةِ الخارجيَّةِ الخَضْراءِ من الزَّهرة؛ ووَظيفتُها الأساسيَّةُ هي حِمايةُ بُرْعُمِ الزَّهْرة ودَعْمُ التُّوَيْجيَّاتِ المُرْهَفة. وتُؤلِّفُ التُّوَيجيَّاتُ الزَّاهيةُ الألوان الطبقةَ الثانية من الزَّهْرة؛ وهي تَجْتَذِبُ الحَشَراتِ بألوانها ورَوائحِها والمِغْبَرِ (الرحيقِ الحُلْوِ المَذاق) الذي تُنْتِجُه.

في قَلْبِ الزَّهْرة تَتواجَدُ الأَسْدِيَةُ والمِدَقَّة، الأَسْدِيَةُ تتواجَدُ داخلَ التُّوَيْجيَّات؛ وتتألَّفُ السَّداةُ من رأسٍ – هو المِئبرُ الذي يُنْتِجُ خلايا جِنْسيَّةً ذَكَريَّةً تُسَمَّى حُبَيْباتِ اللَّقاح (أو غُبارَ الطَّلْع) – ومِن خَيْطٍ يَصِلُ المِئبرَ بالزَّهْرة.

خِلالَ عَمليَّةِ التأبير (التلقيح)، تُنْقَلُ حُبَيْباتُ اللَّقاحِ من المِئبَرِ إلى المِيسَم (السِّمَة). وما إنْ تَعْلَقُ حبَيْبةُ اللَّقاح على المِيسَم، حتى تُرسِلَ أُنبوبًا يَنْمو نُزولًا عَبْرَ القَلَمِ إلى المَبيض – حيثُ تُخصِبُ الخلايا الذَّكَريَّةُ البُيَيْضات. بعدَ عمليَّةِ الإخصاب، تَتطوَّرُ البُيَيْضاتُ إلى بُزورٍ وتَذْوي الزَّهْرةُ. ومن ثَمَّ تُسَخِّرُ النَّبْتةُ جُلَّ طاقتِها في إنتاجِ الثِّمار لِحمايةِ البُزُورِ المُتَنَشِّئة.

أَزْهارٌ مُفْرَدةٌ ومُرَكَّبة

بَعضُ النَّباتاتِ تُنْتِجُ أزهارًا مُفْرَدةً – كُلٌّ منها تَعْتلي سُوَيْقَتَها الخاصَّة. أمَّا الأزهارُ المُرَكَّبةُ، كدَوَّارِ الشَّمْس والأُقْحُوان، فهي في الواقعِ زُهَيْراتٌ كَثيرةٌ مُنْتَظِمةٌ في مَجْموعةٍ تُسَمَّى أزهِرارًا. بعضُ التُّوَيْجيَّاتِ الزَّهْريَّةِ تَلْتَحِمُ معًا بشَكْلِ أُنبوبٍ أو قِمْعٍ، وبَعْضُها الآخَرُ غيْرُ دائريٍّ بَلْ جانبيُّ التناظُر (الجانبُ منها مَثيلٌ للآخَر). وبعضُ الأزهارِ عديمُ التُّوَيْجيَّات كازهِراراتِ البُندقِ السُّنْبُليَّة. وكثيرٌ من الأزهار يَنْغلِقُ لَيلًا أو في الطَّقْسِ البارد، وبَعْضُها قد يَنْغلِقُ حتَّى عندما تَحْجُبُ غَيْمةٌ ضوءَ الشَّمْس.



أكبرُ زَهْرةٍ في العالَم هي زَهرةُ نباتِ الرَّفْليزيا – النباتِ المسْخ العديم السَّاق والأوراق والذي يَعيشُ مُتطفِّلًا على سُوق بعض أنواع الكرمة في جراج جاوة وسومطرة. يَبْلُغ قُطْرُ زَهرةِ الرَّفليزيا قُرابةَ المتر؛ وتُنْبَعِثُ منها رائحةٌ كرائحةِ اللَّحْم الفاسِد تَجْتَذِبُ بها الذُّباب.



نباتاتُ المَناقِع، كالنَّيْلوفريات، مُهاياةٌ بخاصَّةٍ للطَّفْو على سَطْحِ البُحَيْرات والبِرَك الضَّحْلة. جذورُ النَّيْلوفَر تَتشبَّثُ بالتُّرْبةِ في قاع البُحَيْرة أو البِرْكة، وتتفتَّحُ من جوانب أوراقها العِملاقةِ زهورٌ بَيْضاءُ فوَّاحةٌ.

الدَّوْرةُ التناسُليَّة

النَّباتاتُ المُزْهِرةُ، كالخَشْخاش، تَحْمي ازهارَها ضِمْنَ بَراعمَ عاسيةٍ حتَّى تَنْضَجَ حُبَيْباتُ اللَّقاح. وعندما تتفتَّحُ الازهارُ، تُطْلِقُ المآبِرُ الخلايا الجِنْسيَّةَ الذَّكَريَّةَ أو حُبَيْبات اللَّقاح. تَنْتَقِل حُبَيْباتُ اللَّقاح من ازهار نَبْتةٍ إلى ازهارِ نَبْتةٍ أُخرى بواسطةِ الحَشَرات (إخصاب تَهْجينيّ)، أو قد تَسْتقِرُّ على مِيسَمِ الزَّهرةِ ذاتِها (إخصاب ذاتيّ). وتَسْتَثيرُ حُبَيبةُ اللَّقاح على المِيسَم إنباتَ أنبوبِ لَقاحٍ دَقيقٍ يَنْمو عَبْرَ القَلَم نُزولًا إلى المَبيض والخَلايا البُيَيْضيَّة. وعندما يَمَسُّ الأُنبوبُ بُيَيْضةً يَنْدَمِجُ بها وتَتَّحِدُ حُبَيْبةُ اللَّقاح مع نَواةِ البُيَيْضة. هذه العمليَّةُ تُسمَّى إخصابًا، ويَنْتُجُ عنها تَنَشُّوءُ جَنينٍ داخِلَ بِنْيةٍ واقيةٍ تُسَمَّى عُلَيْبةَ البِزْرة.



1 تَبْقى بَراعِمُ الزَّهْرةِ مُغْلَقةً حتَّى تَنْضَجَ حُبَيْباتُ اللَّقاح بداخلِها.

2 تَبْدأُ البراعمُ بالتَّفَتُّح، كاشِفَةً عن تُوَيْجيَّاتٍ زاهيةِ الالوان وأجزاءٍ زَهْريَّةٍ أُخرى.

3 تَجْتَذِبُ الأزهارُ الحَشَراتِ طالِبَةَ المِغْبَرِ (الرَّحيق). فتَنْقُلُ الحَشَراتُ حُبَيْباتِ اللَّقاح من الكَرابِل (الأخبِيَة) إلى أَزهارٍ أُخرى.



4 بعدَ إطلاقِ حُبَيْباتِ اللَّقاح، تَسْقُطُ تُوَيْجيَّاتُ الزَّهْرة تاركةً العُلَيْبةَ البِزْريَّة.

5 هَزُّ الرِّيحِ يَنْثُر البُزُورَ الناضِجةَ خارجًا عَبْرَ ثُقوبٍ في العُلَيْبةِ البِزْريَّة.

6 الخَشْخاشيَّاتُ في مُعْظَمِها نَبَاتٌ حَوليَّةٌ تُعَمِّرُ حَولًا (عامًا) واحدًا فقَط.

أُنْظُر أيضًا

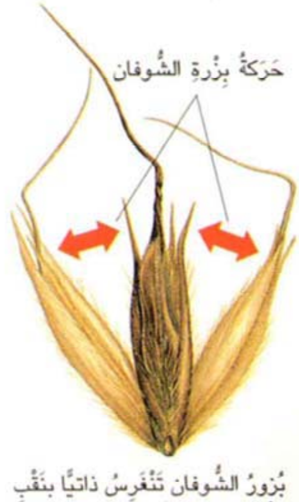
النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57

اللاَّزَهْريَّات ص 58

الثِّمارُ والبُزُور ص 62 – 63

الثِّمارُ والبُزُور

بُزُورُ النَّباتاتِ المُزْهِرة توجَدُ داخِلَ الثِّمار. والثِّمارُ جميعُها لها وسائلُها الخاصَّةُ لِنَثْرِ بُزُورِها بالشَّكل الذي يُهيِّئُ لتلكَ البُزورِ فُرصةً أوفرَ لِلبَقاء.



بُزورُ الشُّوفان تَنْغَرِسُ ذاتيًّا بِنَقْبِ التُّرْبة. ففي كُلِّ بِزْرةٍ بِنْيةٌ طويلةٌ هُلْبيَّةُ الشَّكْل تُسَمَّى الحَسَكة. وأثناءَ تَجفافِ هذه الحَسَكة، تَلْتَفُّ وتَنْحَلُّ تكرارًا فاتِلةً البِزْرةَ داخِلَ التُّرْبةِ حتَّى تبلُغَ العُمْقَ المُلائمَ لِلإنْتاش.

البُزورُ أجِنَّةٌ أو نَبَتاتٌ كامِنةٌ قائمةٌ بِذاتِها، مُزَوَّدةٌ بِمَدَدٍ غِذائيٍّ كافٍ وغِلافٍ عاسٍ يَحميها. وما تحتاجُه في هذه الحال هو الإبتعادُ عن أُمِّها لِتَجِدَ لها موقِعًا مناسِبًا تَنْمُو فيه. وهي تَسْتَطيعُ البَقاءَ لِمُدَّةِ شُهورٍ أو حتَّى سَنَواتٍ بانتِظار الظُّروف المُلائمةِ لذلك.

وعندما تَتوفَّرُ هذه الظروف – من حيثُ درجةُ الحرارةِ والضوءُ والرُّطوبةُ المُلائمةُ تأخذ البِزرةُ بالإنتاش – فتُنْبِتُ جُذَيْرًا وسُوَيْقةً وتَبْدأ تَتنامى نَبْتةً جديدة.

الثِّمارُ الجافَّةُ والرَّيَّانة

تَتواجَدُ البُزُورُ داخلَ الثِّمار. ومنَ الثِّمارِ ما هو جافٌّ، كعُلَيْبَةِ الخَشْخاش وقَرْنِ البِسِلَّى، يُطْلِقُ بُزُورَه عَبْرَ ثُقوبٍ أو يَنثُرُها بالتفتُّق والتفتُّح. ومنها ما هو جافٌّ تَشُقُّ بِزْرَتُه طريقَها إلى الخارج عَنْوةً عَبْرَ القِشْرةِ كجَوْزةِ البَلُّوط.

هنالك ثِمارٌ رَيَّانةٌ عُصاريَّةٌ كالعِنَبيَّات قد تَحوي أكثرَ من بِزْرةٍ واحدة. الكَرَزُ والمِشمِشُ والدراقِن تُنْتِجُ ثِمارًا نَوويَّةً بُزورُها مُغطَّاةٌ بِغِلافٍ قاسٍ يُسَمَّى النواةَ أو العجمة. أمَّا ثَمرةُ توت العُلَّيْق فهي عُنْقودٌ من الثُّمَيْراتِ النَّوويَّة، تتواجَدُ

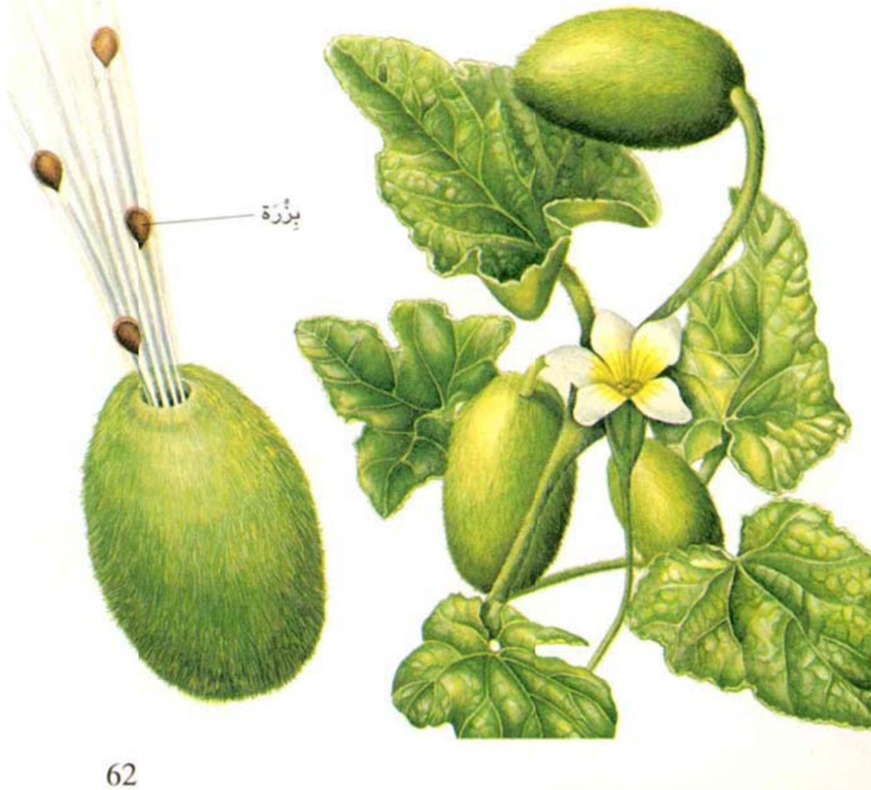


كثيرٌ من البُزُورِ تَنْتَثِرُ مع الرِّيح. وبُزورٌ أُخرى تأكُلها الحيواناتُ ثُمَّ تطْرَحُها في رَوْثِها. وبعضُ البُزورِ مُهاياةٌ بزوائدَ خُطَّافيَّةٍ تَعْلَقُ بفِراءِ الحيواناتِ العابِرة.

بُزورُها داخلَ الحَبَّاتِ الدقيقة.

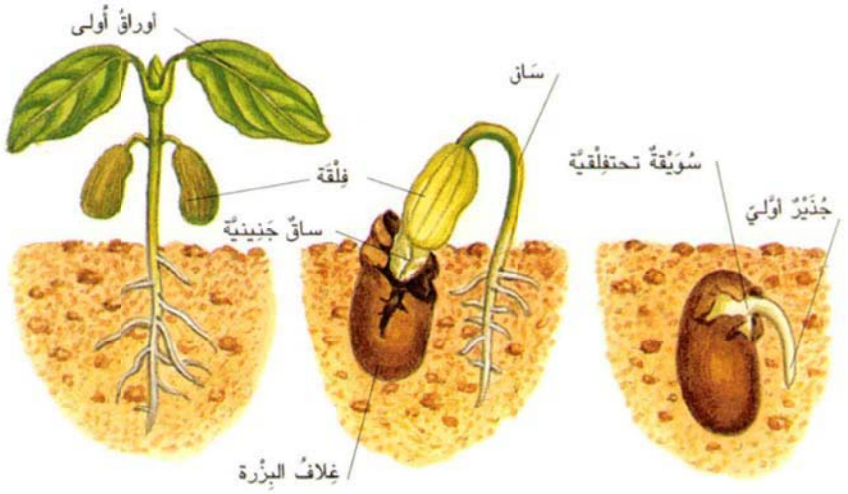
هذا وتُسَمَّى ثِمارُ التُّفَّاح والإجَّاص (الكُمَّثرى) ثِمارًا تُفاحيَّةً. وهي تتألَّفُ من طَبقةٍ خارجيَّةٍ لَحيمةٍ (ثَمرةٍ كاذبة) حولَ لُبٍّ (ثَمرةٍ حَقيقيَّة) يَحْوي بُزورًا. والتُّفاحيَّاتُ عادةً حُلوةُ المَذاق تستطيبُ الحيواناتُ أكلَها فتُساعِدُ في انْتِشارِ بُزُورِها.

تَنْتمي نَبْتةُ قِثَّاءِ الحِمار إلى فَصيلةِ اليَقْطينيَّات. وهي تَقْذِفُ بُزورَها في شِبْهِ نافُورةٍ سائليَّة، بِتَزايُدِ ضَغْطِ الماءِ داخِلَ الثَّمَرة حتَّى تَنْفصِلَ عن السُّوَيْقة وتُطْلِقَ نافُورةً مائيَّةً تحوي البُزُور.





بَراعِمُ المَوْز تَتفَتَّحُ زُهَيْراتٍ تُشَكِّلُ قِنْوًا (قُرْطًا). ويكونُ المَوْزُ، في البِداية، أَخْضرَ. ويُمكِنُ إنباتُ شُجَيْرات موزٍ جديدةٍ بواسِطةِ الفُسولِ أو الأَرْآد الناشئة على الجُذُور.



عندما تَبْدأُ البِزْرةُ بالإنتاش، تَنْفلِقُ أوَّلًا وتُكَوِّنُ جُذَيْرًا أوَّليًا يَنْدَفِعُ نُزولًا. وتَتفَرَّعُ جميعُ الجُذُور الأُخرى من هذا الجَذْر الرَّئيسيّ. أمّا السَّاقُ فتنمُو من السُّوَيْقةِ التحتفِلْقيَّةِ صُعُدًا عَبْرَ التُّرْبة، وتَنفَصِلُ الفِلْقتان عن غِلافِ البِزْرة. ثُمَّ يَبْدأُ نمُوُّ الجُذُور وتتكَوَّنُ الأوراقُ الأُولى فيما تنمُو السَّاقُ صُعُدًا نحوَ ضوءِ الشَّمْس.


جَوْزتا بلُوط


ثَمَرةُ عُلَّيق


سِنْفة بِسِلَّى


بَلَحة (تَمْرة)


إجّاصة


بِزْرتا دَرْدار مُجنَّحتان


بَنَدورة (طماطِم)


كُوسى

أزْهارٌ ذَكَريَّةٌ وأُنثَويَّة

بعضُ النَّباتاتِ المُزْهِرة، كالكُوسى، تُنْتِجُ أزهارًا ذَكَريَّةً وأُنثَويَّةً مُنفَصِلة على النَّبْتةِ نَفْسها. بينما تُنتِجُ نَباتاتٌ مُزْهِرةٌ أخرى، كأشجارِ الصَّفْصاف والآسِ البرِّيّ (شُرَّابة الراعي)، الأزهارَ الذَّكَريَّةَ والأُنثَويَّةَ على نَبَتاتٍ مُنفَصِلة. ولا تُنتِجُ أشجارُ الآسِ البرِّيِّ ذاتُ الأزهارِ الذكريَّة ثِمارًا. كذلك فإنَّ أشجارَ نَخيلِ البَلح الأُنثَويَّة هي وَحْدَها تُنتِجُ البَلَح.

بُزورٌ ولا ثِمار

بعضُ النَّباتات، فَضلًا عن السَّراخس والطَّحالب، لا تَحْوي بُزورًا داخِلَ الثِّمار، كالصَّنَوبريَّات.

الصَّنَوبريَّاتُ (المَخْروطيَّاتُ) في مُعظَمها أشجارٌ وجَنَباتٌ. وكثيرٌ منها، كالصَّنَوبَر، ذو أوراقٍ إبْريَّةٍ رَفيعةٍ جدًّا. وكُلُّ الصَّنَوبريَّات تقريبًا ذاتُ أكوازٍ عاسِيَةٍ - تُنتِجُ الذكريَّةُ منها حُبوبَ اللِّقاح (غُبارَ الطَّلْع)، والأُنثَويَّةُ تحوي البُيَيْضات. وتَنْقُلُ الرِّيحُ حُبوبَ اللِّقاحِ من الأكوازِ الذكريَّةِ إلى الأُنثَويَّةِ لإنتاجِ البُزُور.

هنالك مَجْموعتانِ صغيرتان قَديمتان من النَّباتات هما: الجِنْكيَّاتُ والسَّيكاسيَّات (عارياتُ البُزُور). الجِنْكيَّاتُ ذاتُ أوراقٍ مِرْوَحيَّةِ الشَّكْل وبُزُورٍ لَحِيمةٍ لا تَضُمُّها أكواز. والسَّيكاسيَّاتُ أشبَهُ مَظهرًا بالسَّراخسِ الضَّخمةِ، لكنَّها، بخلافِها، تُنتِجُ أكوازًا بِزْريَّةً. أمَّا الوِلْفِتْشيا، وهي نَبْتةٌ غريبةٌ كئيبَةُ المَظْهر تكيَّفَت لِلعَيْش في الصَّحاري، فذاتُ بُزورٍ تَلُفُّها أوراقٌ مُحوَّرةٌ تُسَمَّى قُنابات.

اِنْتِشارُ البُزُور

يَعتمِدُ الكثيرُ من النَّباتات على الرِّيح لِنَشْرِ البُزُور. فالخَشْخاشُ ذو عُلَيْباتٍ مِبْهريَّةِ الشَّكْل تَنْتَثِرُ منها البُزُور. أمَّا بُزُورُ الطرَخْشَقون فتَنْساقُ مع الهواءِ كالباراشوتات. وتَطْرحُ بعضُ اليَقْطينيَّات بُزُورَها بقُوَّةٍ قَذْفًا.

البُزُورُ المُجَنَّحةُ، كبُزُورِ الجُمَّيْز والدَّرْدار هي، في الحقيقة، ثِمارٌ. والبُزُورُ التي تأكلُها الحيواناتُ ذاتُ أغلفةٍ عاسِيَةٍ تَحميها أثناءَ عبُورِها جهازَ الحيَوانِ الهَضْميّ. وبعضُ هذه الأغلِفةِ هي من السَّماكةِ بحيثُ لن تستطيعَ البِزْرةُ الإنتاشَ ما لَمْ يُوَهَّنْ غِلافُها بالعُصارات الهَضْميَّة لِلحيَوان. كما إنَّ رَوْثَ الحيَوان، الذي تَسْقُطُ مَعه البُزُور إلى الأرض، يعمَلُ كسَمادٍ يُساعِدُ النَّبْتةَ الغَضَّةَ على النَّماء.

نَماءٌ جَديد

عندما تُنْتِشُ البِزْرةُ تَمْتَصُّ ماءً وتَتَنَفَّخُ. فتَنْغَلِقُ قِشْرتُها ويَنْدَفِعُ الجُذَيْرُ الجَنينيُّ نُزولًا في طَلَب الماءِ ولإرْساءِ النَّبْتةِ جيِّدًا في الأرض. وتَسْتطيعُ السَّاقُ الجنينيَّةُ حينئذٍ فَكَّ لَفّاتِها والنَّماءَ صُعُدًا. وعندما تَبْلُغُ ضَوءَ النَّهار، تَنْبُتُ الأوراقُ الأُولى وتَبْدأُ النَّبْتةُ بِتَخْليقِ غذائها، ولا تعودُ بحاجةٍ إلى مَخْزونِها الغِذائيِّ (الفِلْقة) في البِزْرةِ التي نَبَتَتْ منها.

تَنبتُ بُزُورُ بعضِ النَّباتات بِسُرعةٍ فائقةٍ فَتُنتِجُ نَبْتةً كامِلةَ النُّموِّ في غُضونِ أسابيعَ مَعْدودات. وأمثالُ هذه النَّباتاتِ تُعَمِّرُ بِضْعةَ شُهورٍ فقط تُزْهِرُ في غُضونها وتُنْتِجُ بُزُورَها الخاصَّةَ بانتِظار فَصْلِ النُّموِّ في العامِ التالي. أمَّا النَّباتاتُ المُعَمِّرة، كالأشجار، فتَسْتغرِقُ أوقاتًا أطولَ لِتنمو من بُزُورِها؛ ولَن تُنْتِجَ بُزُورَها الخاصَّةَ إلَّا بعدَ عِدَّةِ سَنَوات.



الثِّمارُ قد لا تَتشابَه. لكِنَّ لَها جَميعها الوَظيفةَ نَفْسَها. الكثيرُ مِمَّا نَدعوه خَضراوات (خُضَرًا) كالكُوسى والبَنَدورة واللوبياء، هو في الحقيقة ثِمارٌ تَحْوي بُزُورًا.

◄ نَخْلةُ جَوْزِ الهِنْد تُنْتِجُ ثِمارًا ضَخْمةً. وقد تَنْساقُ جَوزاتٌ من هذه الثِّمار عَبْرَ البِحار فَتَتَجَذَّرُ نَخلاتٍ سامِقةً في جُزُرٍ تَبْعُدُ آلافَ الكيلومترات عن النَّخْلةِ الأُمّ.

اُنْظُر أيضًا

النَّبات - عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 - 57
النَّباتاتُ المُزْهِرة ص 59 - 61
التناسُلُ الحيَوانيّ ص 88 - 89

الأَشْجار

هنالكَ مَجْموعتانِ رئيسيَّتان من الأشجار – الصَّنوبريَّاتُ والعَريضةُ الوَرَق. والأشجارُ هي من بين أَضْخَمِ الكائناتِ الحيَّةِ وأطولِها عُمْرًا على الأرض.

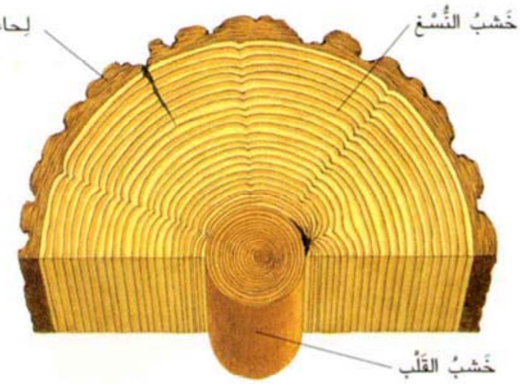
الصَّنوبريَّاتُ (المَخْروطيَّات) هي المَجْموعةُ الأَقْدم من مَجموعَتَي الأَشجار الرئيسيَّتَيْن على وَجْه الأرض. تُعرَفُ الأشجارُ الصَّنوبريَّةُ أيضًا بأشجارِ الخَشَب اللَّيِّن. وهي تَشْمَلُ الصَّنوبَرَ والتَّنُّوبَ والأَرْزَ والشُّوحَ والعَرْعَرَ والسَّرْوَ والسَّكُوية ذاتَ الخشبِ الأحمر التي هي أَضْخَمُها جميعًا. أَمَّا الأشجارُ الشائعةُ العَريضةُ الوَرَق فتَشْمَلُ السِّنْديانَ والدِّرْدارَ والصَّفْصاف.

الأَوراقُ الصَّنَوبَريَّة

معظمُ الصَّنَوبريَّاتِ ذاتُ أوراقٍ إبْريَّةٍ صَغيرةٍ؛ وكُلُّها، عدا اللَّارِكس، دائمةُ الخُضْرةِ. فهي تُنْبِتُ أوراقًا جديدةً وتُسْقِطُ الأوراقَ القديمةَ على مَدارِ السَّنة وليسَ في الخريف دُفْعةً واحدة كالكثير من الأشجار العَريضة الوَرَق. أوراقُ الصنوبريَّات الإبْريَّةُ الجاسِئةُ تَفْقِدُ ماءً أقلَّ بكثيرٍ من أوراقِ الأشجار الأُخرى. لِذا، فالصَّنَوبريَّاتُ قادِرةٌ على النمُوِّ في المناطقِ الباردة، كما على الجِبالِ وحَوافِّ الصَّحاري. ففي كَنَدا وأوروبا الشماليَّة وروسيًّا، تُشَكِّلُ المَخْروطيَّاتُ حِراجًا شاسِعةً دائمةَ الخُضْرة. والكثيرُ من



أشجارُ الغابات المَطيرة المَداريَّة تَعْلُو حتَّى ارتفاع 50 م. جِذْعُ الشجرةِ السُّفْليُّ الضخم العظيمُ الكتلة يُثَبِّتُها وَطيدةً مُسْتَقِرَّةً – فيما يَترجَّحُ أعلاها بِعَصْفِ الرِّيح.



يُبيِّنُ هذا المَقْطعُ المُسْتَعرِضُ عَبْرَ جِذْعِ شَجَرةٍ خشبَ القَلْب مُحاطًا بخشبِ النُّسْغِ الأفتحِ لونًا. وحيثُ إنَّه تُضافُ حَلْقةُ نمُوٍّ جديدةٌ سنويًّا فإنَّ هذا المَقْطعَ يُبَيِّنُ أيضًا عُمْرَ الشجرة. والمَعروفُ أنَّ الشجرةَ أبطأُ نمُوًّا خِلال الشتاء فتُخَلِّفُ حَلْقةً داكِنة، فيما يُنْتِجُ نمُوُّ الصيف الأسرعُ حَلْقةً أسمَكَ وافتَحَ لونًا.

الصنوبريَّاتِ مَخْروطيَّةٌ مُثَلَّثيَّةُ الشَّكْل فِعلًا فتَمْنَعُ الثَّلْجَ من التكَدُّسِ فوقَها وتكسيرِ أَغْصانِها.

عَريضةُ الأوراق

في المُناخاتِ الباردة ذاتِ الشتاءِ الطويل القاتِم، تَفْقِدُ الأشجارُ العَريضةُ الوَرَق أوراقَها في الخريف. أمّا في المناطِق المَداريَّة، حيثُ لا يَخْتلِفُ طولُ الأيّامِ كثيرًا بين الفُصُول، فتَحْتفِظُ عريضةُ الوَرق بأوراقها طَوالَ السَّنة. سُقوطُ الأوراقِ في الخريف هو وَسيلةٌ بارعةٌ لِتَوفيرِ الطاقة – حيثُ إنَّ ضوءَ الشَّمْس ليسَ كافيًا في الشتاءِ لكي تُخَلِّقَ الأوراقُ غِذاءً للشجرةِ الكامِلة. لِذا، تُسَدُّ أنابيبُ نَقْلِ الماءِ

الأَشْجارُ المُعْبِلَة (النَّفْضيَّة)

الأشجارُ المُعْبِلةُ عَريضةُ الوَرَق ذاتُ ذُرًى مُنْفَرِشة وجُذورٍ تَمْتَدُّ عميقًا في التُّرْبةِ بَحْثًا عن الماء. هذه الأشجارُ تُزْهِرُ في الرَّبيع، وتُنْتِجُ أزهارُها ثِمارًا. فشَجرةُ قَسْطَلِ الحِصان (المُبيَّنةُ هنا) ذاتُ أزهارٍ بيضاءَ قَرَنْفُليَّ نَوعًا، وبُزُورٍ مُعَلَّبةٍ داخِلَ قِشرةٍ أَسَليَّة. في الخريف، تُسْقِطُ الشجرةُ أوراقَها فتَتَكَشَّفُ أَغْصانُها عاريةً، وتَبدو البراعِمُ الجديدةُ جاهزةً لِتَتفَتَّحَ أوراقًا عندَ حُلولِ الرَّبيع. سُقوطُ الأوراقِ في الخريف سبَبُه أنَّ قِلَّةَ الضوءِ خِلالَ الشِّتاء لا تَكْفُلُ تحقيقَ تَخْليقٍ ضَوئيٍّ فعَّال.



إسقاطُ الأوراق يَعني أنَّ الشجرةَ المُعْبِلَةَ أقلُّ احتياجًا إلى الماءِ في الشِّتاء. فيُقْطَعُ المَدَدُ الغِذائيُّ على مَقْرُبةٍ من البُرعم فتَذْوي الوَرقة.



قَسْطَلُ الحِصان (صَيْفًا)



قَسْطَلُ الحِصان (شِتاءً)



نَوْرةٌ ووَرَقة



بِزْرةٌ مُوَسَّلة

تَمْتَصُّ الجُذُورُ الماءَ والمَعادِنَ من التُّرْبَةِ وتُرَسِّخُ الشجرةَ في الأرض. بعضُ الأشجار ذاتُ جُذُورٍ طويلةٍ تَمْتَدُّ تحتَ الأرض بقَدْرِ امْتِدادِ الأغصانِ فوقَها. وبعضُ الأشجارِ الأُخرى، كالمَخْروطيّات، ذاتُ جُذوعٍ ضَخْمَةٍ مُصْمَتَةٍ وجُذُورٍ ضَحْلَةٍ مُنْتَشِرةٍ تَجْمَعُ الماءَ من مِساحةٍ واسِعة.


شَجَرةُ تِين



والغِذاءِ في السَّاق مُضَوَّرةً ومُجَفَّفَةً الأوراقَ غيرَ المَرغوبِ فيها خِلالَ تِلكَ الفَتْرة.

لقد اختَزَنَتِ الشجرةُ ما يكفي من الغِذاءِ لِنَماءِ بَراعِمها للسَّنَةِ التالية. لكنَّ الأوراقَ، بانقِطاعِ مَدَدِها الغِذائيِّ، تَذْوي وتَموت. واليَخْضورُ (الكلوروفيل)، الذي كان يُخَضِّرُ الورقةَ الحيَّةَ يَنْحَلُّ ويَتفكَّكُ فتُعاوِدُ الشجرةُ امْتِصاصَه لِيُستَخْدَمَ في أوراقِ السَّنَةِ التالية. أمّا الكيماويّاتُ المُلَوِّنَةُ المُتَبَقِّيةُ في الورقة فهي التي تلوِّنها بألوانِ الخريف الزاهيةِ الحمراءِ والصفراءِ والبُنِّيَّة.

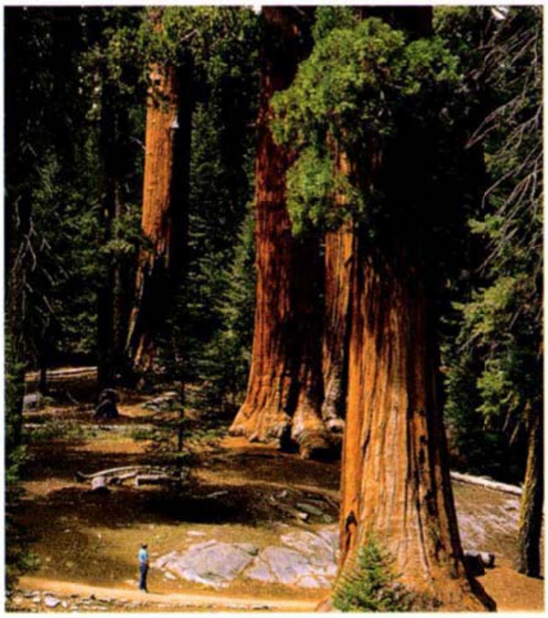
دَواخِلُ الشَّجَرة

عندما تُقْطَعُ شَجَرةٌ، يُمكِنُك مُشاهَدةُ حَلَقاتِ النُّمُوِّ السَّنَويَّة في شريحةِ الجِذْع. اللِّحاءُ الخارجيُّ (القِشْرةُ أو القِلْفُ) طَبَقَةٌ من النَّسيجِ المَيْت تَقي الأجزاءَ الحيَّةَ الألْيَنَ داخِلَ الشَّجَرة. واللِّحاءُ قادِرٌ على التمَدُّدِ كي يُتيحَ للجِذْعِ والأغصان أنْ تَنْمُو وتَتَثَخَّنَ تحتَه.

ويُوجَدُ تحتَ القِشْرةِ في مُعظَمِ الأشجار لِحاءٌ داخليٌّ يَنْقُل الغِذاءَ من الأوراق عَبْرَ أنابيبَ إلى مُخْتلف أجزاءِ النَّبات. أمّا الخَشَبُ (النَّسيجُ الداخليُّ المُتَخَشِّب) فَمُقَسًّى بِمَوادَّ شَمْعِيَّةٍ لِمَزيدٍ من القُوَّة. ويَعملُ بعضُ النسيجِ الخَشَبيِّ الفتيِّ كشبكةِ أنابيبَ تنقلُ الماءَ ومذاباته (ويُسَمَّى النُّسْغ) من الجُذُور إلى الأوراق. في نباتاتٍ أُخرى يُنْقَلُ النُّسْغُ عَبْرَ نَسيجٍ خَشَبيٍّ لا يَخْشَوشِبُ ولا يَتَيَبَّس. إنَّ تَيَبُّسَ النَّسيجِ الخَشَبيِّ هو الذي يُكْسِبُ الأشجارَ جُسُوءَتَها ويُتيحُ لها أنْ تَنْمُو وتطولَ أكثرَ بكثيرٍ من النَّباتاتِ اللاَّمُخَشْوِشِبة الأُخرى.

الأَشجارُ والبِيئة

أوراقُ الأشجار، كأوراقِ أيِّ نَبْتةٍ خَضْراء، تُخَلِّقُ الغِذاءَ في عمليَّةِ التَّخْليقِ الضوئيّ. والناتِجُ الثانويُّ في هذه العمليَّةِ هو



سَكُويَةٌ عِملاقةٌ في مُتنزَّه السَّكُويَة القوميِّ في كاليفورنيا، بالولايات المتّحدة الأمريكيَّة. ونَذْكرُ أنَّ أشجارَ السَّكُويَة العِملاقة قد يبلغُ ارتفاعُها 130 مترًا وقطرُها حوالى 8 أمتار. وهذه المَخْروطيّاتُ يُمكِنُها أنْ تعيشَ أكثرَ من 4000 سنة.

غازُ الأُكسِجين الذي يُعادُ إلى الهواءِ عَبْرَ مَسامَّ دَقيقةٍ في الأوراق تُسَمَّى ثُغَيْرات. وبامتِصاصِ ثاني أكسيد الكربون من الهواء وإطلاقِ الأُكسِجين، تَحْفَظُ الأشجارُ هواءَ الجوِّ نَقِيًّا صِحِّيًّا. وهكذا تُعْتَبَرُ الحِراجُ «رِئاتِ» الأرض.

والأشجارُ أيضًا تَحْمي اليابِسةَ من التَّحاتِّ والتَّعرِيَة. فتَمْتَصُّ أوراقُها وأغصانُها الأمطارَ الغزيرة، وتُكسِبُ جُذورُها التُّرْبةَ ترابُطًا وتماسُكًا يَقيها من الانجراف بالماءِ أو الذَّرْوِ بالرِّياح.



تتدلَّى من أغصانِ أشجارِ الأث (تينِ البَنْغال) مِئاتٌ من الجُذو الهوائيَّة.



تنتمي السَّيكاسيةُ إلى فصيلة المَخْروطيّات لكنَّها أشبَهُ بشَجـ نَخيل. ظهرتِ السَّيكاسيّاتُ علـ الأرض منذُ 225 مليون سَنة.



بعضُ الصَّنَوبريّاتِ الهُلْبيَّة الأكـ في الولايات المتّحدة الأمريكيَّ يَبْلُغُ عُمْرُها حوالَى 4000 سَنة تَزال في نُمُوٍّ مُسْتَمِرّ.

المَخْروطيّات

المَخْروطيّاتُ (الصَّنَوبريّات)، كَشَجرةِ صَنوبَر الشيلي هذه المُسَمّاةِ أروكاريَة أ مَتاهة القُرود، نادِرًا ما تُسْقِطُ أوراقَها الإبَرِيَّة. وهذه الأشجارُ ضَحْلَةُ الجُذُورِ وتُنْتِجُ بُزُورَها داخِلَ أكواز. وهذه الأكوازُ قد تَسْتَغْرِقُ ثلاثَ سَنواتٍ لِتَنْضَـ وتُطْلِقَ بُزُورَها التي تَسْقُط رَفْرافةً إلى الأرض. والأروكاريَة (مَتاهةُ القُرود شجرةٌ غريبةٌ إذْ تنمو أكوازُها الذكريَّةُ والأُنثَويَّةُ على أشجارٍ مُنْفَصِلة - فيما الكثيرُ من المَخْروطيّات تُنْتِجُ أكوازَها الذكريَّةَ والأُنثَويَّةَ على الشَّجرةِ نَفْسِها. الأكوازُ الذكريَّةُ تُطْلِقُ حُبَيْباتٍ لَقاحٍ تُخْصِبُ البُيوضَ في الأكوازِ الأُنثَويَّة.


لِحاء


كُوزٌ أُنثَويّ

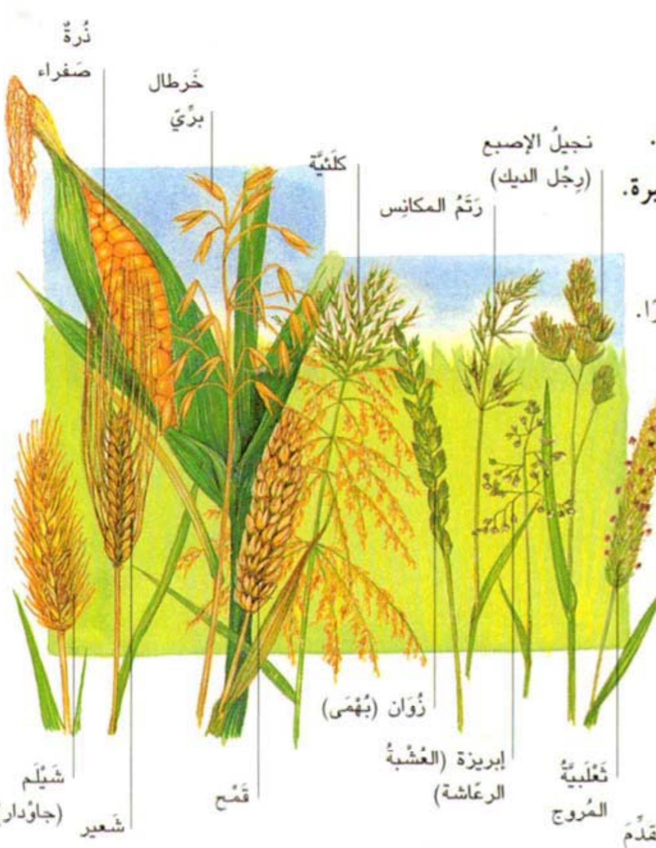

أروكاريَة (صَنوبرُ الشيلي أو مَتاهةُ القُرود)

أُنْظُر أيضًا

التَّعْرِيَةُ والتَّجْوِيَة ص 32 – 33
النَّبات – عَرْضٌ تشريحيّ ص 56 – 57
الخَشَبُ والوَرَق ص 206

النَّباتاتُ والنَّاس

زرعَ النَّاسُ النَّباتاتِ مُنْذُ القِدَمِ لاستِخْدامِها طعامًا وليَتَّخِذوا من بَعضِها أدْوِيةً. وتُستَخْدَمُ الموادُّ النباتيَّةُ أيضًا في صُنْعِ المَلابسِ والوُقُدِ ومُنْتَجاتٍ أُخرى كثيرة.



تَنْمُو الأعشابُ وتَزْدَهر أكثَرَ في مناطق البَراحِ المَكْشوفة، ويتَواجدُ مِنها أنواعٌ كثيرة. المُزارعون الأوائلُ انتَقَوا أعشابًا بَرِّيَّةً واستَولدوا منها ضُروبًا مُحَسَّنَة. وأهمُّ الزُّروعِ الحَبِّيَّة (الغِلاليَّة) حاليًّا هي القَمْحُ والأرُزُّ والذُّرَة الصفراء والشُّوفان والشَّعير والشَّيْلَم.

الأنشِطةُ الزِّراعيَّةُ، كجُزْءٍ من الصِّناعةِ الزِّراعيَّةِ العالميَّةِ النِّطاق، هي الأهمُّ بين الأنْشطةِ البَشَريَّةِ وأوسعُها انتِشارًا. فالنَّباتاتُ تُوَفِّرُ الغذاءَ لِكِلا الحيَواناتِ والناس؛ والناسُ يَعْتَمِدون علَيها في أُمور مَلْبَسِهم ومأواهُم. إضافةً إلى أنَّ العَديدَ من المُنْتَجاتِ النباتيَّةِ الثانويَّة تُوَفِّرُ الموادَّ الأساسيَّةَ اللّازمةَ لِتَصْنيعِ الكيماويَّاتِ والعَقاقيرِ المُستَخْدَمةِ في تَحْسينِ عَيْشِنا.

يُرَجَّحُ أنّ أقدمَ المُزارعين عاشوا في مِنْطقةِ الشَّرْقِ الأدْنى منذُ حوالَى 11 000 سَنة. فقاموا بِزَرْعِ نباتاتِهم المُخْتارة في حقولهم، بدلًا من أنْ يَدوروا يجمعونَها من البراري. وقد استخدموا في ذلك أدواتٍ زِراعيَّةً بَسيطةً، كالمَناجلِ الخَشَبيَّة. وعلى مَدى الأجيالِ المُتَعاقِبة، تطَوَّرتِ الأساليبُ والوَسائلُ تَدْريجيًّا وتحَسَّنَت لِتَبْلُغَ المُستوى الزِّراعيَّ العِلميَّ المُتَقدِّمَ الذي نَنْعَمُ به اليومَ.

تطويرُ النَّباتات

طوَّرَ المُزارعون الأوائل مَحاصيلَ غِذائيَّةً أساسيَّةً، كالأرُزِّ والقَمْح بالإستيلادِ الإنتقائيِّ من نباتات بَرِّيَّة. ولعَلَّ النباتاتِ التي يَزْدَرِعُها المُزارعون حاليًّا تختلِفُ كثيرًا عن أسلافِها البَرِّيَّة. وقد أنتَجَ التعديلُ الجِينيُّ الحديثُ زُروعًا أوفرَ غَلَّةً وأقوى على مُقاوَمةِ الأوبِئة والآفات؛ وبإمكانها النَّماءُ حتَّى في ظُروفٍ غيرِ مُؤاتية. لكِنَّ قُدْرتَنا الجديدةَ على «هَنْدسَةِ» النَّباتاتِ جِينيًّا تَطْرحُ بعضَ المَشاكِلِ الخَطيرةِ لِلعُلماءِ والسِّياسيِّين كما للمُسْتَهْلكين.

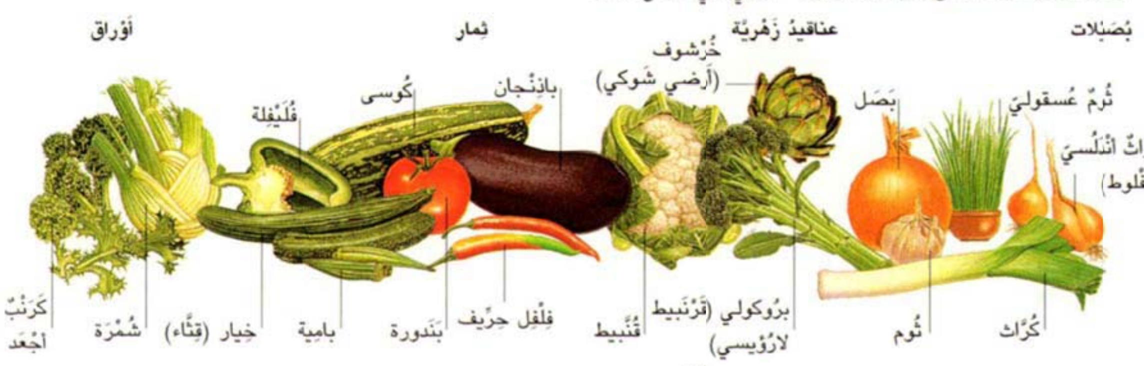
طَعامٌ وشَراب

هناكَ مِئاتٌ من المحاصيل تُزْرَعُ لإنتاج طعامٍ مُغذٍّ – نَذْكُر منها اللُّوبياءَ والفاصوليا والمَنيهوت (الكَسَّافا) والذُّرةَ الصفراء (الشاميَّة) والبَطاطا وخَضراواتِ الأرُزِّ والقَمْح. الزُّروعُ الغِلاليَّةُ، كالشَّعيرِ والدُّخْنِ والشُّوفان والأرُزِّ والقَمح غنيَّةٌ بالكَرْبوهِدْراتات – كما الكَسَّافا والبطاطا. أمّا حُبوبُ اللُّوبياءِ والفاصوليا والفُول والفُسْتُق وفولِ الصويا فغَنيَّةٌ بالپروتينات.

العَديدُ من المَشْروباتِ الشّائعة تُحَضَّر من المُنْتَجاتِ النباتيَّة. فالجِعةُ وسِدْرُ التُّفّاح والقَهْوة والشّايُ والكاكاو وعُصاراتُ الفواكِه والمَشْروباتُ غيرُ الكحوليَّة والمَشْروباتُ

خَضْراواتُ الأكْل

الخَضْراواتُ الأكُولةُ (الصالِحةُ لِلأكل) مَصْدَرُها أجزاءٌ مُتَنوِّعةٌ من النَّباتات. فالبَصَليّاتُ، كالبَصَلِ والثُّوم؛ والأزْهارُ، كالقُنَّبيط (القَرْنَبيط) المعروف والبروكولي (اللاروَيْسي)؛ والأوراقُ، كالكَرَنْب والخَسّ؛ والجُذُورُ، كالجَزَر والفُجْل؛ والقُرونُ والبُزُور، كالبازِلا (البِسِلّى) واللُّوبياء والفاصوليا؛ والسُّوقُ، كالكرَفْس؛ والعَساقيلُ، كالبَطاطا؛ كُلُّها صالِحةٌ للأكْل، ويَحْوي الفِلْفلُ الحِرّيف والكُوسى والبَنَدورة بُزُورًا – وهي، في الواقع، ثِمارٌ.





تُحَضَّرُ القَهوةُ من حُبوبِ البُنِّ المُجَفَّفة بعدَ تَحْميصِها وطَحْنِها. تُزرعُ شُجَيْراتُ البُنِّ في مزارعَ شاسِعةٍ في الأقْطار الاسْتِوائيَّة كالبرازيل وكوستاريكا وكينيا.



يُزْرَعُ الإجّاصُ والتُّفّاحُ تِجاريًّا في بَساتينِ الفاكهة. وتَجودُ أمثالُ هذه الأشجارِ المُثْمِرة في المُناخاتِ المُعْتَدِلة الأبْرَد.



ثِمارُ الكَرْمةِ العَناقيديَّةِ تُجْنَى وتُهْرَسُ عَصيرًا. وقد يُخَمَّرُ هذا العَصيرُ ويُنَبَّذُ. ونَوعا العِنَبِ الرئيسيّان هما الأبيضُ والأسْود.



الشَّمَنْدرُ (البَنْجَر) وقَصَبُ السُّكَّر هما مَصْدرا السُّكَّر. فالجُذُورُ من البَنْجَر والسُّوقُ من القَصَب هما أجزاءُ النباتات التي تَحْوي السُّكَّر.



لا يَزالُ الخَشَبُ يُسْتَخْدَمُ للبناءِ في سائرِ أنحاءِ العالَم. ومُعظمُ الخشَبِ المُستَخْدَم هو خشَبٌ لَيِّنٌ يُؤخَذُ من أشجارِ المَخْروطيّات السَّريعةِ النَّماء. إنَّ إدارةَ واستِغلالَ الحِراج بعِنايةٍ وحِكْمَة ضروريَّةٌ للحِفاظِ على مَوارِدِ الخشَبِ الطبيعيَّة.



نباتاتٌ عَديدةٌ تُنتِجُ أليافًا يُمكِنُ مُعالَجتُها لصُنْعِ الخُيوطِ التي تُستَخْدَمُ في صناعةِ الأقْمِشة. ومن أهمِّ هذه النباتات القُطْنُ والجُوتُ والقِنَّبُ والكَتَّان.

الرُّوحيَّة والمُنْتَبَذةُ تُصنَعُ كُلُّها من أجزاءٍ مُتَنوِّعة من نباتاتٍ مُختلِفة.

النَّباتاتُ الطِّبِّيَّة

غالبًا ما جَرى اكتِشافُ خَصائِصِ النَّباتاتِ الطِّبِّيَّةِ بمُلاحَظةِ كيف إنَّ بعضَ الحيَوانات تأكُلها لِتَشْفى من اعْتِلالاتٍ وأمراضٍ مُعَيَّنة. في أمريكا الجنوبيَّة، يُسْتَخْدَمُ لِحاءُ الكينا في إنتاجِ الكينين - الدَّواءِ الفعَّال ضِدَّ المَلاريا (البُرَداء). كذلك فإنَّ أوراقَ القِمْعيَّة الأُرجُوانيَّة تحوي الدِّيجيتالِس - الدَّواءَ الذي يُستَخْدَمُ غالِبًا في مُعالَجةِ بعضِ العِلَلِ القَلْبيَّة. والأدْويَةُ (العقاقيرُ) المُسْتَخْرجةُ من النَّباتات قد يكونُ لها استِخْداماتٌ مُفيدةٌ وضارَّة. فالمُورفين عَقَّارٌ تَخْديريٌّ قَيِّمٌ مُسَكِّنٌ للألَم يُستَخرَجُ من الخَشْخاش المُنَوِّم. أمّا الهيرُوين أحدُ مُشْتَقَّاتِ المُورفين فهو مُخَدِّرٌ عالي الإدمانيَّةِ تجري المُتاجَرةُ به بِصُورةٍ غيرِ شَرْعيَّة.

المَوادُّ الأَوَّليَّة

النَّباتاتُ تُزَوِّدنا بالكثير من المَوادِّ الخام (الأوَّليَّة) - كالأَلْيافِ الطبيعيَّة من نَباتاتِ القُطْنِ والكَتَّانِ والقِنَّب والجُوت التي تُحاكُ أقمِشةً وتُستَخْدَمُ في صِناعةِ المَلابس والحُصُرِ والحِبال. وتُسْتَغَلُّ الأشجارُ لِلحُصولِ على الخشَب. وهذا يَجْري أحيانًا بوَعْيٍ وحِكْمة - فتُغْرَسُ أشجارٌ جَديدةٌ لِتَحُلَّ مَحَلَّ الأشجارِ المُجْتَثَّة. لكنْ من المُؤسِفِ أنَّه في أحيانٍ كثيرةٍ، تُدَمَّر الحِراجُ طَلَبًا للرِّبْح السَّريعِ دُونَ اعتِبارٍ للمُسْتَقبَل.

مُنْتَجاتٌ من الأشجار

يَستَخْدِمُ الناسُ الخشَبَ في بناءِ المَنازِل وصُنْعِ الأثاث. فالأخشابُ اللَّيِّنةُ من أشجارِ الصَّنوبَر والأَرْز سَهْلَةُ القَطْعِ والتشكيل. والأخشابُ الصَّلْدةُ، كالسِّنْديانِ والماهوغُوني الإسْتوائيِّ، باهظةُ الثمن لكِنَّها أقوى وأطْولُ دَيْمُومةً. ومن مُنْتَجاتِ الأشجار الأُخرى المُهِمَّة نذكُرُ الوَرقَ والمَطَّاطَ والفِلِّينَ. فمُعظمُ الوَرقِ يُسْتَخرَجُ من لُبِّ الخشَب، ويُستَخْرَجُ المَطَّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ أشجار المَطَّاط، ويُتَّخَذُ الفِلِّينُ من لِحاءِ شَجر الفِلِّين. ولَسْنا نَجْهلُ أنَّ اللُّبانَ (العِلْكَة) مَصْدَرُه شَجريٌّ كذلك.

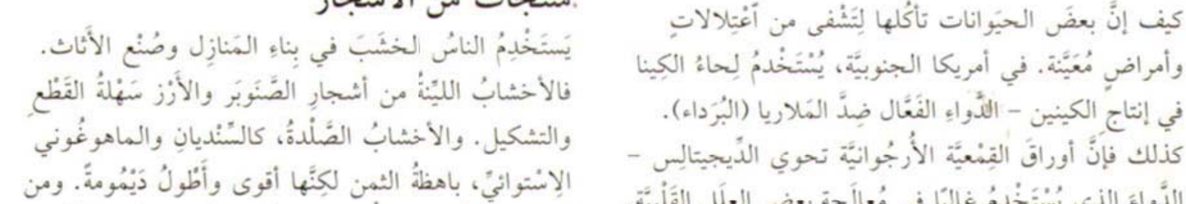
والخشَبُ، حَطَبًا، كان أوَّلَ وَقُودٍ يَحْرِقُه الناسُ وهو لا يَزالُ يُستَخْدَمُ لهذا الغَرَضِ حتَّى اليوم. والفَحْمُ والخُثُّ، المَعْروفان بالوُقُدِ الأُحفوريَّة، هُما من بَقايا نَباتاتِ ما قَبْلَ التاريخ.



أَلْيافُ سُوقِ نباتِ الكَتَّان تُستَخْدَمُ في صُنْعِ الأقمِشةِ الكَتّانيَّة. والقِنَّبُ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الحِبالِ وخيوطِ المِصِّيص - ومَصْدرُه نباتاتٌ عِدَّة.



هنالك وَصفةٌ صينيَّةٌ قديمةٌ تُتَّخَذُ من نَبْتَة الأرطماسْيا يجري تطبيقُها حاليًّا لِمُعالَجةِ المَلاريا.



أنْظُر أيضًا

اللاَّزَهْريَّات ص 58
النَّباتاتُ المُزْهِرة ص 59 - 61
الطِّبّ ص 140 - 141
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزِّراعيَّة ص 448 - 449

الحَيُّومات والمَواطِنُ البيئيَّة

الحَيّوم إقليمٌ من الأرض يَتَمَيَّزُ بِمُناخٍ مُعَيَّنٍ ويشتمِلُ على أشكالٍ حياتيَّةٍ نَباتيَّةٍ وحيَوانيَّةٍ مُتَمَيِّزة. وهو يتألَّفُ من مَثاوٍ بيئيَّةٍ مُخْتلِفة.



تتواجَدُ القُرودُ العَوّاءَةُ عادةً في غاباتِ الأمازون المَطيرة في أمريكا الجنوبيَّة. وهي تَغْتذي غالبًا بالمَوادِّ النباتيَّةِ الوَفيرة حولَها - إضافةً إلى الحَشَراتِ واللَّبُوناتِ الصَّغيرة والطُّيُور.

الصَّحاري تُعَرَّفُ كمناطِقَ يَتَبَخَّرُ منها ماءٌ أكثَرَ مِمَّا يأتيها من تَساقُط. ويُقَدَّرُ أنَّ خُمْسَ اليابِسةِ من العالَم أرضٌ صَحْراويَّة. ورُغْمَ أنَّ الصَّحاري مَواطِنُ بيئاتيَّةٌ جافَّةٌ قاسِيةٌ، فإنَّها بَعيدةٌ جدًّا عن كَوْنِها مَواتٍ عديمةَ الحياة. فالحيَواناتُ والنَّباتاتُ فيها قد طوَّرت وسائلَ تهايُؤ تكَيُّفَت به لِلبَقاء.



تَبْدو الأرضُ من الفَضاءِ الخارجيِّ مُغَطّاةً بِمناطِقَ مُتَمَيِّزَةٍ شاسِعةٍ كالصَّحاري والمُحيطاتِ والغابات، التي نُسَمّي كُلًّا منها حيُّومًا. وتَفْصِلُ بين مُختلِف هذه الحيُّومات تغَيُّراتٌ مُناخِيَّةٌ - بِخاصَّةٍ في مُعَدَّلاتِ المَطَرِ السَّنَويَّة ودَرَجاتِ الحرارة. والمُناخُ، كما هو مَعلوم، يُحَدِّدُ أنواعَ النَّبيتِ في المِنطقةِ المُعَيَّنة؛ وأنواعُ النَّبيتِ بِدَوْرِها تُحَدِّدُ أنماطَ الحيَوانات المُسْتَوطِنَةِ هناك. وهٰذه الحيُّومات مُجْتَمِعَةً تُشَكِّلُ الغِلافَ الحيَويَّ - أجزاءَ الأرض (من بَرٍّ وبَحرٍ وجَوّ) التي تَسْكُنُها الكائناتُ الحيَّة.

مناطِقُ العَيْش

هناكَ حَيُّوماتٌ كثيرةٌ مُختلِفةٌ على الأرض، لكِنَّ العُلَماءَ ليسوا مُجْمِعينَ على تَصْنيفٍ مُحَدَّدٍ لها. والحيُّومات المُتَوافَقُ عليها إجمالًا تَشْمَلُ التَّندرا، والتَّيْغا، والغاباتِ المُعْتَدِلَةَ، والأعياصَ (الحِراج القَميئة)، والغاباتِ المَطيرةَ الاِسْتِوائيَّةَ، والسُّهوبَ المُعْشِبَةَ، والصَّحاري (بما فيها مِنْطَقتا القُطْبَيْن)، والبِحارَ، والمياهَ العَذْبةَ، ومَصَبّاتِ الأنهار.

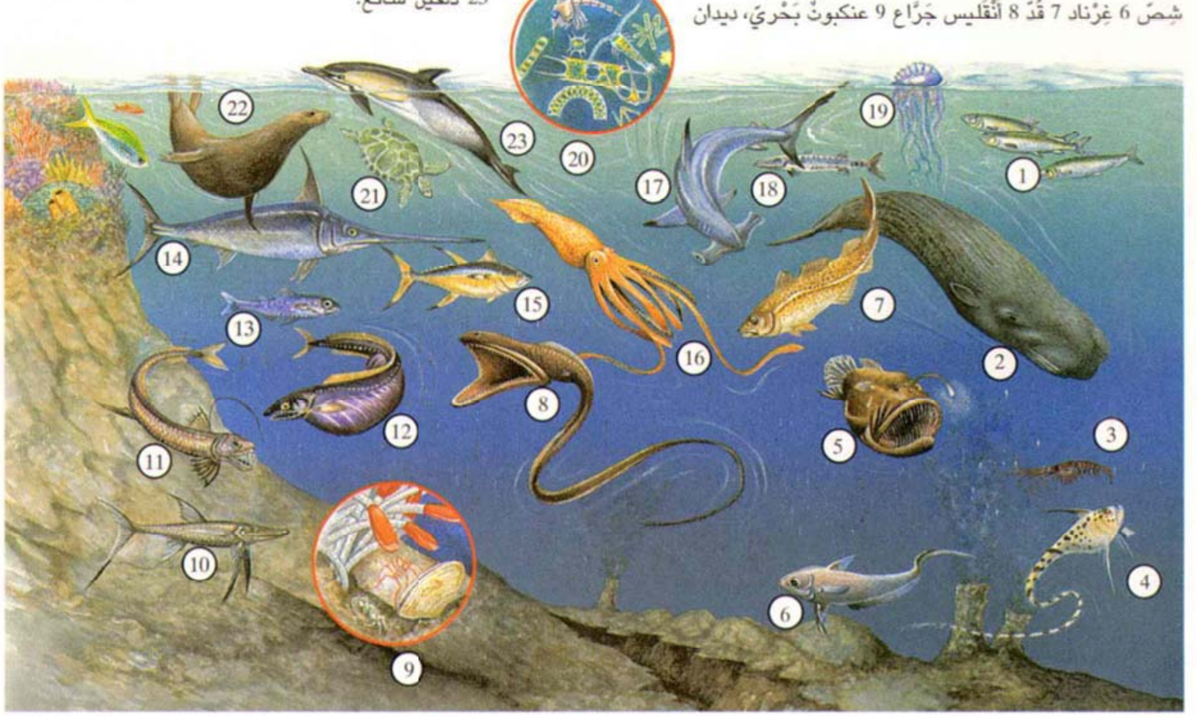
يتألَّفُ الحيُّوم من نُطُقٍ أصغَرَ تُسَمّى مَثاويَ بيئيَّةً. ويُعَرَّفُ المَثْوَى البيئيُّ بأنَّه مَكانُ اعتِياشِ المُتَعَضّي. فمثلًا، المَثْوَى البيئيُّ للقَمَص (البَقِّ الطويلِ القوائم) هو بِرْكَةٌ أو بُحَيْرة، والمَثْوَى البيئيُّ للخُرطون (دُودةِ الأرض) هو التُّرْبة، والمَثْوَى البيئيُّ لشَجرةٍ صَنَوبريَّةٍ هو التُّرْبة - إضافةً إلى الحَيِّزِ فوق الشَّجرةِ وحَوالَيها. والمُتَعَضِّياتُ التي تَعيشُ في مَثْوًى بيئيٍّ مُعَيَّنٍ تُسَمَّى مَجموعة.

تَتَعايَشُ في المَثْوَى البيئيِّ عِدَّةُ أنواعٍ يَعتَمِدُ واحدُها



المُحيطُ حَيُومٌ ضَخْم يَضُمُّ عِدَّةَ مَثاوٍ بيئيّة – من الشواطئ الضَّحْلَةِ إلى الأغوارِ العَميقة. وهو يَحْوي لافقاريّاتٍ لا حَصْرَ لها وأسماكًا وزَواحِفَ ولَبُونات.

دَليلُ الرَّسْم: 1 رَنْكة 2 حُوتُ العَنْبَر 3 قُرَيْدِس 4 ذَنَبُ الهِرّ 5 أبو شِصّ 6 غِرْناد 7 قُدّ 8 أَنْقَليس جَرّاع 9 عنكبوتٌ بَحْريّ، ديدان أنبوبيّة، مَحار وسَلَطعونٌ أبيض 10 سَمكةٌ ثلاثيّةُ الزَّعانِف السُّفليّة 11 سمَكةٌ نهّاشة 12 مُزْدَرِدة 13 سمكةٌ فانوسيّة 14 أبو سَيف 15 صَفراءُ الزَّعانِف 16 سَبيدَج (حَبّار) 17 قِرْشٌ أبو مِطْرقة 18 بَرَّكُودة 19 شِراعيّةُ البُرتغال 20 عَوالِق 21 لَجاةٌ خَضْراء 22 سَبْعُ البَحْر 23 دُلْفينٌ شائع.



على الآخَر في ما يُعرَفُ بِصِلاتِ المُعايَشةِ التكافُليَّةِ المُفيدةِ للنَّوعَيْن. فالنباتاتُ تُوَفِّرُ الغذاءَ والمأوى للحيَوانات؛ وفي المُقابِل، قد تُساعِدُ الحيَواناتُ في تَبْذيرِ النَّباتات، والعاشِباتُ من الحيَوانات بدَوْرِها هي غذاءٌ لِلَّواحِم.

مَواطِنُ الحيَوانات

كُلُّ مَثوًى بيئيٍّ يُوَفِّرُ الظُّروفَ المُلائمةَ للنَّباتاتِ والحيَواناتِ التي تَعيشُ فيه. فالبَطاريقُ والدِّبابُ القُطْبيَّةُ مُهايأةٌ، بوسائلَ مُخْتلِفةٍ، للعَيْشِ في مِنْطَقتَي القُطْبَيْن القارِسَتي البَرْد. والثَّعْلَبُ القَمِيءُ وثَعْلَبُ الفِنك يَبْدُوانِ مُتَشابهَيْن، لكنْ لا صِلةَ رابطةً بينَهُما – فالثَّعْلَبُ القَمِيءُ يَعيشُ في صَحاري أمريكا الشماليّة، بينَما الفِنكُ ثَعْلَبٌ صَحْراويٌّ يَعيشُ في شمالي إفريقية. وإذا ما تَغَيَّرَ المَثْوى البيئيُّ الذي يَسْتَوطِنُه المُتَعَضّي، فإنَّ بعضَ أنواعِهِ قد تكونُ قادِرةً على تَغْييرِ وَسائلِ عَيْشِها فتَتَكيَّفُ مع الظُّروفِ المُتَغَيِّرة. غَيْرَ أنَّ أنواعًا أُخرى قد لا تَسْتَطيعُ مُجابَهةَ التغَيُّراتِ البيئيّة، فيكونُ لِزامًا عليها أنْ تَرْحَلَ إلى مَواطِنَ أُخرى أو تَموتَ وتَنْقَرِض. هذه القُدْرةُ على المُهايأةِ والتكَيُّفِ هي سِرُّ القُوَّةِ المُحرِّكَةِ وراءَ عمليَّةِ التطوُّر.

مَثاوٍ بيئيَّةٌ غَريبة

بعضُ الحيَواناتِ تهايأت للعَيْشِ في أشَدِّ المَواطِنِ البيئيَّةِ قَساوةً. فبعضُ الأسْماكِ القُطْبيَّةِ، مَثلًا، طوَّرَت شَكْلًا طبيعيًّا من مُقاوِماتِ التَّجَمُّدِ في دَمِها وأنسِجَتِها. وهذه الموادُّ تَمْنَعُ تكَوُّنَ البلّوراتِ الجليديَّةِ حتّى دُونَ دَرَجةِ التجَمُّد، فتَضْمَنُ لتِلكَ الأسماكِ إمكانيَّةَ البَقاء. كذلك فإنَّ قُرودَ المَكّاكِ اليابانيَّةَ تَسْتَدفِئُ شِتاءً بالمُكوثِ في بِرَكٍ دفيئةٍ من المياهِ الجَوفيَّةِ السّاخِنة.



البَطاريقُ طُيورٌ عاجِزةٌ عن الطَّيران تَسْتَوطِنُ القارَّةَ القُطْبيَّةَ الجنوبيَّة. وهي تَتَّقي البَرْدَ القارِسَ بطَبَقاتٍ شحميَّةٍ سَميكةٍ عازِلةٍ تحتَ جُلودِها. وتَحْتَشِدُ كِبارُ البَطاريقِ وتتكَنَّكُ مع فِراخِها في مَجْموعاتٍ طَلَبًا لِلدِّفْء.



أرانبُ المِنْطقةِ القُطبيَّةِ الشماليَّة تُغَيِّرُ لونَ فِرائها بتَغَيُّرِ الفُصول. ففي الصَّيْفِ تَكْتَسي بِفراءٍ بُنّيّ؛ وفي الشِّتاء، تُنْمي فِراءً جديدًا أبيضَ يأتَلِفُ تمويهًا مع لونِ الثَّلْجِ الأبيض.

الشِّعابُ المَرْجانيَّةُ تتكَوَّنُ من مُسْتَعْمِراتِ المَرجانيّات اللافقاريَّةِ الدَّقيقة. ويُوفِّرُ الشِّعْبُ المَرْجانيُّ مأوًى للأسْماكِ وللعديدِ من الكائناتِ البَحْريَّةِ الأُخرى.



أُنْظُر أيضًا

الهِجْرة ص 93
التَّهايُؤ التكَيُّفيّ والدِّفاع ص 95
نُطُقُ الفِعْلِ البيئيّ ص 436 – 437
إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة ص 438 – 439
الحياةُ في المُحيطات ص 440 – 441
أسبابُ انْقِراضِ الأنواع ص 442 – 443

اللَّافَقاريَّاتُ البَحْريَّة

أُولى الحيَوانات المُتعَدِّدةِ الخلايا كانتِ اللَّافقاريَّاتِ (الكائناتِ عديمةِ العَمود الفَقَريّ)، وعاشَتْ في البِحار. ولا تَزالُ المُحيطاتُ تَزْخَرُ بالحيوانات اللَّافقاريَّة.



قِنْديلُ البَحْر (المِدُوزا) يَصْطاد فريستَه بلَوامِسَ لاسِعَةٍ؛ ويَسْبَحُ بفَتْحِ جَسَدِه المِظَلّيّ الشَّكْل وغَلْقِه لِضَغْطِ الماءِ خارجًا.



شُقَّيقُ البَحْر أقْرَبُ شَبَهًا بالنَّباتات مِنه بالحيَوانات. ويوجَدُ هذا الحيوانُ مُلْتَصِقًا بالصُّخور، ويَتلَقَّطُ فرائسَه بلَوامِسِه اللطيفةِ التَّمَوُّج.

سَلائلُ (ج. سَليلة) لَافقاريَّاتِ ما قَبْلَ التاريخ لا تَزالُ تَسْبَحُ وتَدِبُّ في المُحيطات. وهي تَشْمَلُ الدِّيدانَ والمَرجانيَّاتِ والمَحارَ والقواقعَ ونَجْمَ البَحْر والأُخْطُبوطَ والسَّبيدَج (الحبَّار).

لا عمودَ فَقاريًّا لها

كَوْنُ اللَّافَقاريَّاتِ عديمةَ العَمود الفَقَريّ ليسَ مَبْعَثَ إعاقةٍ بالنِّسْبةِ لهذه الحيوانات الفائقةِ النَّجاح. في الواقِع، هنالك حيواناتٌ لَافَقاريَّةٌ أكثَرُ بكثيرٍ من الحيواناتِ الفَقاريَّة. واللَّافقاريَّاتُ البَحْريَّةُ قد تكونُ ضَخْمةً جِدًّا، فقد يبلغُ طولُ دُودةِ بَحْرِ الشَّمال الشريطيَّةِ حوالى 25 مترًا؛ والمَحارُ العِملاقُ في المُحيط الهادي قد يَزِنُ أكثرَ من 300 كيلوغرام. واللَّافقاريَّاتُ أيضًا قد تُعَمِّرُ طويلًا، بحُدود 220 سنة، كما هي الحالُ في مَحارِ المُحيطِ الأطلسيّ الثَّخينِ الصَّدفة.

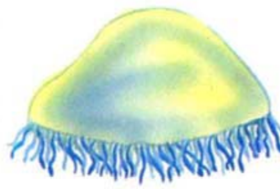


الإسفَنْجيَّاتُ تجَمُّعاتٌ من خَلايا فَرْديَّةٍ مُنْتَظِمةٍ في جِسْمٍ واحدٍ على قاعِ البَحْر. والإسفَنْجُ عاجزٌ عن الحركة، وهو يَسْتَفِطُ ماءَ البَحْر ويَسْتَصْفي منه قِطعًا دقيقةً من الغِذاء.

المَرْجانيَّات

يتألَّفُ المَرْجانُ من الهياكلِ الجيريَّةِ للمُرَجِّلاتِ المَرْجانيَّةِ الصغيرة جدًّا. وهذه المُرَجِّلاتُ تَتَنامَى «بالتَّبَرْعُم» - بحيثُ إنَّ كُلَّ مُرَجِّلةٍ جديدةٍ تَدْفِنُ الأصلَ الذي نَشأَتْ منه، وبهذه الطريقة، تَكْبُرُ كتلةُ المَرْجان أكثرَ فأكثر مُكوِّنةً أشكالًا نَباتيَّةً وشِعابًا ضخمةً.

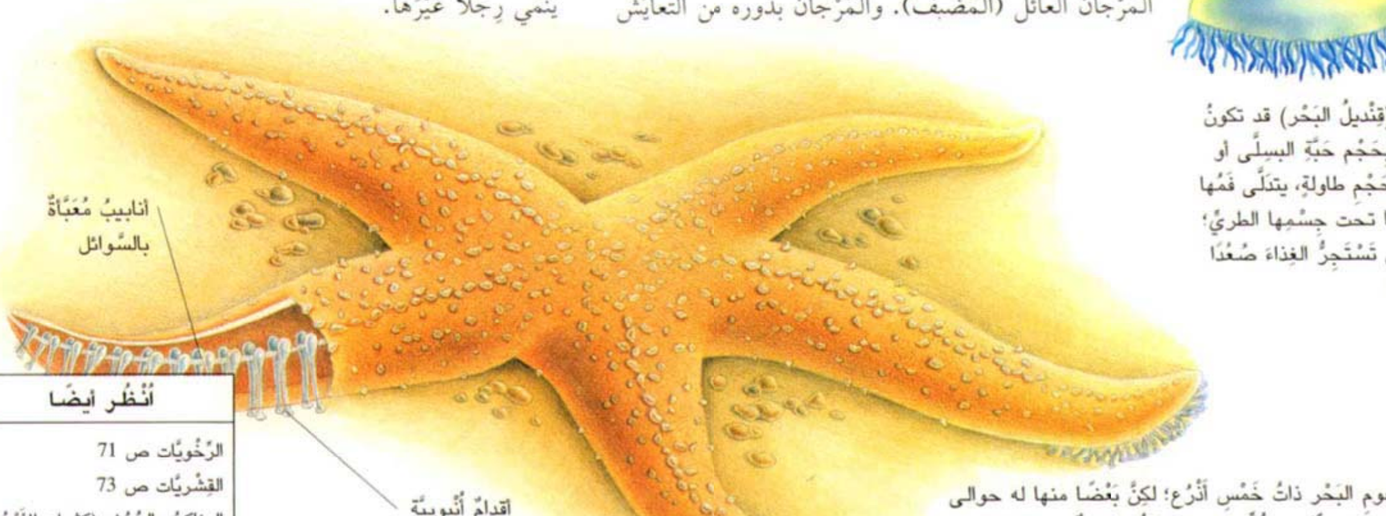
بعضُ أنماط المَرجانِ التي تستوطِنُ المياهَ الدَّافئةَ الضَّحْلةَ تحوي بداخِلها نباتاتٍ طُحلُبيَّةً وَحيدةَ الخليَّة. هذه الطَّحالبُ تُصَنِّعُ سُكَّرًا بالتَّخْليقِ الضوئيّ، وتَتقاسَمُه مع المَرْجان العائل (المُضيف). والمَرْجان بدَوره من التعايُش التكافُليّ هذا يَحْمي الطحالبَ ويُوَفِّرُ لها المعادِنَ، التي تَحْتاجُ إليها لِصُنْعِ البِروتينات وكيماويَّاتٍ مُهِمَّةٍ أُخرى.



المِدوزا (قِنْديلُ البَحْر) قد تكونُ صغيرةً بِحَجْم حَبَّةِ البِسِلَّى أو كبيرةً، بِحَجْمِ طاولةٍ، يتدَلَّى فَمُها ولَوامِسُها تحت جِسْمِها الطريّ؛ واللَّوامِسُ تَسْتَجِرُّ الغِذاءَ صُعُدًا إلى فَمِها

لَوامِسُ وأَشْواك

قناديلُ البَحْر والشَّقائقُ البَحْريَّةُ ذاتُ لوامِسَ مُسَلَّحةٍ بخلايا لاسِعة. والشِّراعيَّةُ البُرتغاليَّة هي في الحقيقة عَميرةٌ من المُتعَضِّيات تعمَلُ معًا كحيَوانٍ واحد. وهي بلَوامِسِها الطويلةِ تَشُلُّ أيَّ سَمكةٍ تُلامِسُها - إذْ إنَّ سُطوحَ هذه اللَّوامِس مُغَطَّاةٌ بخلايا لاسِعةٍ تَحْوي إبريَّات دقيقةً سامَّة. أمَّا شَوكيَّاتُ الجِلْد (كنُجوم البَحْر وقنافذِ البَحْر وقِثَّائيَّات البَحْر) فذاتُ جلدٍ شوكيٍّ وأقدامٍ أُنبوبيَّة. وهي تَضُخُّ سوائلَ داخِلَ أقدامِها فتَجْعَلُها تَتَمَدَّد. وإذا فَقَدَ نَجْمُ البَحْر رِجلًا، فإنَّه غالبًا ما يُنَمّي رِجْلًا غَيْرَها.



مُعظمُ نُجومِ البَحْر ذاتُ خَمْسِ أَذْرُع؛ لكنَّ بَعْضًا منها له حوالى 50 ذِراعًا. وعلى امْتِدادِ كُلِّ ذِراعٍ تتحَرَّكُ صُفوفٌ من الأقدام الأُنبوبيَّةِ في نَسَقٍ مُنْتَظِمٍ - فيما يرفعُ نَجْمُ البَحْر نَفْسَه للتَّنَقُّلِ فوقَ قاعِ البَحْر.

أُنْظُر أيضًا

الرَّخْويَّات ص 71
القِشْريَّات ص 73
العناكِبُ والحُرُش (كثيرات الأرْجُل) ص 74
الحَشَرات ص 75 - 77

الرِّخْويّات

هُنالِك أكثرُ من 100 000 نَوْعٍ من الرِّخْويّات؛ تَتَفاوَتُ بين الحَلازين (القواقِع) الصغيرة والسَّبيدَجات (الحَبّارات) العِملاقةِ، يَعيشُ بَعضُها على اليابِسةِ لكِنَّ مُعظمَها يَعيشُ في الماء.

جِسْمُ الحَيوانِ الرِّخْويّ طَرِيٌّ يُغَطّيه دِثارٌ واقٍ. الكثيرُ من الرِّخْويّاتِ ذو مَحارةٍ (صَدفة) جيريّة مُرتَبطةٍ بالدِّثار - قد تكونُ خارجَ الجِسم (كما في البَطلينوس والحلَزون) أو داخِلَه (كما في السَّبيدَج). أمّا الأُخطُبوطُ فحيوانٌ رِخْويٌّ لا مَحاريّ. تَعيشُ الرِّخْويّاتُ على اليابِسة كما في الماءِ العَذْبِ والمالِح.

بعضُ الرِّخْويّاتِ، كبَلَحِ البَحْر، قَلَّما تتحَرَّكُ مُطْلَقًا؛ فهي تَلْتصِقُ بمَوقعٍ مّا وتَغْتذي بفَتْحِ مِصْراعَيْها. ومن الرِّخْويّات ما هو ذو قَدَمٍ مُفْرَدةٍ تُمَكِّنُه من التحَرُّك بِبُطء. أمّا البَطلينوس فإنّه يَجُولُ هنا وهناك حول مَوقِعه للاغْتِذاء - لكِنَّه يَعودُ دومًا إلى المَوقع نفسِه.



البِيئُكُ حيوانٌ رِخويٌّ من ذواتِ المِصْراعَيْن. ومَحارتُه المُزْدوجةُ الصدفة ذاتُ أسنانٍ دَقيقةٍ ساحِنة، كَلُقَم المِثْقاب، تحفِر ثُقوبًا في الخشَبِ أو الطين أو الصخر يختَبئُ البِيئُكُ بداخلِها.

مَحارةٌ أُحاديَّةٌ أو مُزْدوجةُ الصَّدفة

القواقِعُ ذاتُ مَحارةٍ أُحاديّةٍ يَسْتطيعُ الحيَوانُ التحَوّي أو التلَفُّفَ بداخلِها لاتِّقاءِ الخَطَر.

هُناك رِخْويّاتٌ مُزْدَوجةُ الصَّدفة ينفَصِلُ مِصْراعاها بِمُفَصَّلةٍ بحيثُ يُمكِنُ فَتْحُهما أو غَلْقُهما بسُهولة. وهي تُعْرَفُ بذَواتِ المِصْراعَين، ومُعظمُها يَغْتذي باستِصْفاءِ الجُسَيْماتِ الدَّقيقةِ من ماءِ البَحْر. والكثيرُ منها يَعيشُ مَطْمورًا في قاعِ البَحْر ونادِرًا ما يَبْرَحُ مكانَه.



المَحارُ رِخْويّاتٌ مُزْدَوجَةُ مِصْراعَي الصدَفة. وهي تَفْتَحُ وتُغْلِقُ صدفَتَها المُتَمَفْصِلةَ المِصراعَين بواسطةِ عَضَلةٍ قويّة. وتَسْتَصْفي المَحارةُ غذاءَها من ماءِ البَحْر باستِخْدامِ بِنًى شَعْريّةٍ تُسَمّى أهْدابًا.

الأُخْطُبوطُ والسَّبيدَج

الأُخْطُبوطاتُ والسَّبيدَجاتُ (الحبّارات) هي الأكبَرُ، ورُبَّما الأذْكى، بين سائرِ الرِّخْويّات. فهي ذاتُ أدمغةٍ كبيرةٍ وبَصَرٍ حادٍّ؛ وتتحَرَّكُ بِسُرعةٍ لِتفادي الخَطَر. وتَسْتطيعُ أيضًا تَغْييرَ لَوْنِ دِثارِها.

يَستَخْدِمُ الأُخْطُبوطُ أذرُعًا طويلةً مَصّاصةً يَقْبِضُ بِها فرائسَه. ثُمَّ يَعَضُّها بفَمِه المِنْقاديِّ الشَّكل. والأُخطُبوطاتُ في مُعظمِها صغيرةُ الحَجْم، لكِنَّ السَّبيدَجَ العِملاقَ قد يَبْلُغُ طولُه 15 مِتْرًا.

هذه الحيواناتُ تَسْبَحُ بالدَّفْعِ النَّفّاث ورَدِّ الفِعْل. فهي تَسْتَقِطُ الماءَ تحتَ دِثارِها الطَّرِيّ وتَمُجُّه عَبْرَ مِنْفَثٍ إلى الخارج.



الكثيرُ من الرِّخْويّات تَحْتَفِرُ جُحورًا في الرَّمْل لِتَخْتَبئَ من المُفْتَرِسات. وهي تَغْتذي عَبْرَ أنابيبَ مَثْعَبيّةٍ تَبْرزُ فوقَ الرَّمْل.



قواقِعُ الحدائق تتحَرَّكُ بِبُطءٍ فوقَ مُفْرَزٍ لُعابِيٍّ لَزِج. وللقوقعِ قَرْنا استِشعارٍ على رأسِه يَسْتَخْدِمُهما في تَلَمُّسِ طريقِه حولَ الأجْسام.

القَواقِعُ والبَزّاق

تَعيشُ القواقِعُ على اليابِسةِ وفي الماء. بعضُ القواقِعِ عاشِبٌ (يَقْتاتُ بالنَّباتات) وبعضُها الآخَرُ لاحِمٌ (يغتذي باللَّحْم). في الطَّقْسِ الجافِّ تَسُدُّ قواقِعُ اليابِسةِ مَحارَها للحِفاظ على رُطوبَتِها. البَزّاقاتُ كثيرةُ الشَّبَهِ بالقواقِعِ إلّا أنّها قد تحوي مَحارًا دقيقةً داخِلَ دِثارِها.

القواقِعُ والبَزّاقاتُ ذاتُ أسنانٍ قويّةٍ تتألّفُ من مادّةٍ شَبيهةٍ بِخام الحديد. وتستطيعُ بعضُ الأنواع استِخْدامَ هذه الأسنانِ في ثَقْبِ مَحاراتِ رِخْويّاتٍ أُخرى. ويَرْتئي كثيرٌ من العُلماءِ أنّ القواقعَ تَسْتَخْدِمُ أسنانَها الحديديّةَ كالبُوصَلة حتّى لا تضِلَّ في تَجْوالِها.



السَّبيدَجُ يَصْطادُ خُلْسةً وتَسَلُّلًا. وهو يَستطيعُ التهرُّبَ مُسْرعًا بتَقْليصِ عَضلاتٍ تَثُجُّ نافورةً من الماء خارجَ جِسْمِه فيندفعُ هو بقُوّةِ رَدِّ الفِعْل في الاتّجاه المُعاكس. ويَسْتطيعُ السَّبيدَجُ بهذه الطريقةِ تحقيقَ سُرعةٍ تَبلُغُ 30 كم/سا لِلتَّهرُّب من سَمكةٍ أو حُوتِ عَنْبَرٍ جائع.

أُنْظُر أيضًا

اللّافقاريّاتُ البَحْريّة ص 70
الدِّيدان ص 72
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّة
الحياةُ في المُحيطات
ص 440 - 441

الدِّيدان

الدِّيدانُ لافَقاريَّاتٌ (حيَواناتٌ عديمةُ العَمود الفقَريّ) عَديمةُ الأَرجُل. بعضُها يَعيشُ في التُّرْبةِ أو في الماء، وبعضُها الآخَرُ طُفَيليٌّ يَعيشُ داخِلَ حيَواناتٍ أُخرى.



ليسَتِ الدِّيدانُ كُلُّها شَبيهةً بالخَراطين (ديدانِ الأرض) المُشَدَّفةِ التي نَجِدُها في الحديقة. فالعَلَقُ أشبَهُ بالبَزَّاق وهي ذاتُ مِمَصَّاتٍ، فيما الدُّودةُ المَحاريَّةُ البَحريَّةُ مُغَطَّاةٌ بِنُتوءاتٍ هُلبيَّة.

هنالك أكثَرُ من 55 000 نوعٍ مُختلِفٍ من الدِّيدان. لكِنَّ المَجْموعاتِ الأربعَ الرئيسيَّةَ هي: الدِّيدانُ الشَّريطيَّة والدِّيدانُ المُسَطَّحةُ والدِّيدانُ المُدَوَّرة (المَمْسودات) والدِّيدانُ المُشَدَّفة (الحَلْقيَّات).

الطُّفَيليَّات

مُعظمُ الدِّيدانِ البَسيطةِ، كالدِّيدان المُسَطَّحة، مُتَعَضِّياتٌ مِجْهريَّةٌ أصغَرُ من أن تُرى بالعَيْنِ المُجَرَّدة. لكِنَّ بعضَ الشَّريطيَّات (الدِّيدان الوَحيدة) الطُّفَيْليَّةِ تنمُو لِتَطولَ أكثَرَ من 20 مِتْرًا. والدِّيدانُ الطُّفَيْليَّةُ تَعيشُ داخِلَ النَّباتاتِ والحيوانات أو علَيها. فيَرَقاناتُ إحدى الدِّيدانِ الخَيطيَّة قد تَدْخُل جِسْمَ الإنسان فتُهاجِرُ إلى الرِّئتَيْن. وعندما يَسْعُلُ العائلُ البَشَريُّ يَبْتلِعُ اليَرَقاناتِ فتَسْتَقِرُّ في المَعِدةِ وتَغْتذي بِغِذاءِ العائل وتَضَعُ بُيوضًا تَسْري إلى خارجِ الجِسْم مع بِرازِه. هذه البُيوضُ قد تُلْتَقَطُ لِتُعدِيَ شخصًا آخر.

الخَراطين (ديدانُ الأرض)

الخُرطونُ دُودةٌ مُشَدَّفةٌ (أو حَلْقيَّة). وهي تَبْتلِعُ التُّرابَ وتَهْضِمُ المادَّةَ النباتيَّةَ فيه؛ ثُمَّ تُفْرِغُ أو تُبَرِّزُ الفَضَلاتِ التُّرابيَّة كمُطَّرحاتٍ دُوديَّة تُخْصِبُ التُّرْبة.

بتألَّفُ جِسْمُ الدُّودةِ من سِلْسلةٍ من الشُّدَفِ الحَلْقيَّةِ مُغَطَّاةٍ بِهُلْبٍ دقيقة تُساعِدُ على الحَرَكة. الخَراطينُ خُنْثيَّةٌ (مُزْدَوجةُ الجِنْس)، يَعْني أنَّها تحوي أعضاءً جِنْسيَّة ذَكَريَّةً وأُنثِيَّة.

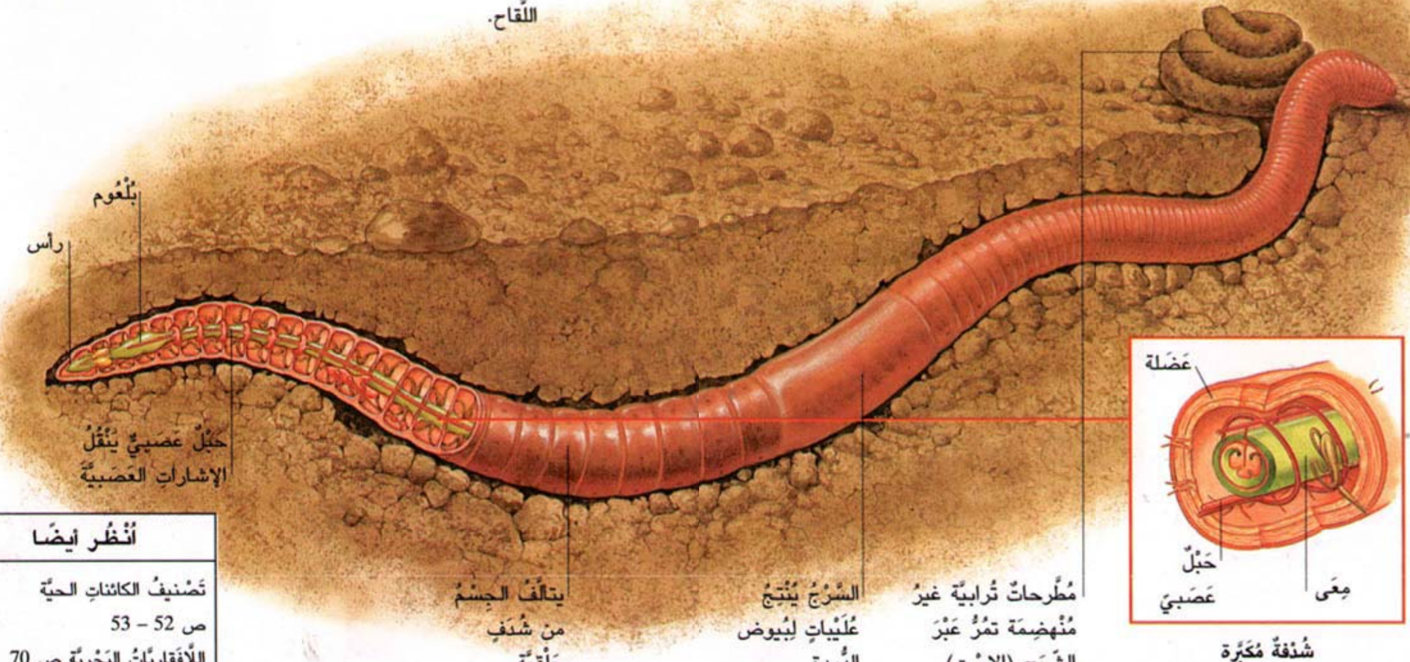
الدِّيدانُ البَحْريَّة

التركيبُ الجَسديُّ للدِّيدانِ البَحْريَّة (أو كثيراتِ الشَّعْر) مُماثِلٌ لتَركيبِ أجسامِ الحَلْقيَّات، لكِنَّ الهُلْبَ على أجْسادها أطولُ. بعضُ الدِّيدان البَحْريَّة تَغْتذي بالنَّباتات، لكِنَّ الكثيرَ منها صيَّادةٌ تَقْذِفُ أُنبوبًا طويلًا (خُرْطومًا) تَقْبِضُ به فَريسَتَها.



الدُّودةُ الهُلْبيَّةُ سبَّاحةٌ ماهِرة، تَنْشُرُ نَفْسَها عَبْرَ الماءِ بحَرَكاتِ جِسْمِها التمَوُّجيَّة. وهي ذاتُ مِجَسَّاتٍ على رأسِها، ونُتوءاتٍ رِجليَّةِ الشَّكْل على كُلِّ شُدْفةٍ من جِسْمِها.

الجانِبُ السُّفْليُّ من خُرطونِ حدائقَ نَمُوذَجيٍّ مُغَطًّى بهُلْبٍ دَقيقةٍ تَستَخْدِمُها الدُّودةُ لِجَرِّ نَفْسِها قُدُمًا. والخَراطينُ تتَنَفَّسُ عَبْرَ جِلْدِها. في عمليَّةِ التكاثُر تتَّخِذُ الخُرطونان وَضْعًا طوليًّا مُتَعاكِسًا وتتبادلان اللِّقاح.



شُدْفةٌ مُكبَّرة

أُنْظُر أيضًا

تَصْنيفُ الكائناتِ الحيَّة ص 52 – 53
اللّافَقاريَّاتُ البَحْريَّة ص 70

القِشْريَّات

تؤلِّفُ طائفةُ القِشْريَّات قِسمًا مُهمًّا من شُعْبةٍ كبيرة من المُتعَضِّيات تُسَمَّى المَفْصِليَّات. وهي تَضُمُّ أكثرَ من 000 42 نَوْعٍ مُختلِفٍ - يَعيشُ الكثيرُ منها في المُحيطات.

كَثيرٌ من القِشْريَّات، كالقُرَيْدِس (الجَمْبَري) والكَرْكَند والسَّرطان (السَّلْطَعون) وجَرادِ البَحْر مألوفةٌ في المَطابخ كما في كُتُبِ عِلْمِ الأحياء. لكنْ هنالك أنواعٌ كثيرةٌ كحِمار القَبَّان وبُرغوث الماء والبَرْنَقيل تَختلِفُ شَكلًا وحَجْمًا - من مِجذافيَّات الأرجُل وبَراغيثِ الماء، التي لا تكادُ تبلغ المليمِتْر طولًا، إلى السَّرطان العنكبوتيِّ العملاق الذي يزيدُ امتدادُه على ثلاثةِ أمتار. والقِشْريَّاتُ ذاتُ هيكلٍ خارجيٍّ صُلْب، يَحْمي أنسِجةَ الجِسْم الطَّريَّة؛ وهي حيَواناتٌ مُتمَفْصِلةُ الجِسْمِ والأَرجُل.

قِلَّةٌ من القِشْريَّاتِ تَعيشُ على اليابسة، كحِمار القَبَّان الذي يَستوطِنُ الأماكنَ المُظْلِمةَ الرَّطْبة. وهو إذا أحَسَّ بخَطَر يتكوَّرُ لاتِّقائه. أمَّا مُعظمُ القِشْريَّاتِ الأُخرى فتَعيشُ في الماء. لكنَّ بعضَ السَّرَطاناتِ تَستطيعُ العَيْشَ على الشواطئ - حتَّى إنَّ بعضَها، كالسَّرَطان السَّلَّاب، يَتسلَّقُ الأشجارَ بنَزَقٍ ويَغْرَقُ في الماء.

منَ البَيْضةِ إلى البُلوغ

تَبْدأُ القِشْريَّاتُ حياتَها بُيوضًا تَفْقِسُ عن يَرَقاناتٍ دَقيقة. وتُكوِّنُ الملايينُ من هذه اليَرَقانات عوالِقَ تَطْفو في البِحار. ويُلاحَظُ أنَّ الكثيرَ من يَرَقاناتِ القِشْريَّات لا تُشْبِهُ والِدَيها أبدًا. فيَرَقانةُ البَرْنَقيل سبَّاحةٌ رَشيقةٌ، لكنَّها عنْدَ البلوغِ تُلْصِقُ نفْسَها مَكينًا بصَخرٍ أو بجدار سفينةٍ وتَسْتَقِرُّ عليه.



حِمارُ القبَّان ذو سَبْعةِ أزواجٍ من الأرجُل. طولُه حوالى 1,5 سم وجسمُه مُغَطًّى بصفائحَ قَرْنيَّةٍ مُتَراكِبةٍ تَحْميه من المُفْتَرِسات.



ذُكورُ السَّرَطاناتِ الكَمانيَّةِ ذاتُ مِخْلَبٍ إضافيٍّ كُلَّابيٍّ يُلوِّحُ به واحِدُها لاجتِذاب رَفيقةٍ أو لِتَحْذيرِ الذُّكورِ الأُخرى.



البَرْنَقيل قِشْريٌّ صغيرٌ يَلْتَصِقُ بالصُّخور والسُّفُنِ والأَرْصِفةِ البَحْريَّة. ويَمُدُّ أقدامًا ريشيَّةً لالْتِقاطِ غِذائه.



كَرْكَندٌ (سَرطانٌ بَحريّ) أمريكيٌّ يَغْتَذي بسَمكةٍ رَنْكة. الكركَند من أضخَم القِشْريَّات - فقد يبلُغ وَزنُه 20 كغ. وهو مُهمٌّ في الصِّناعةِ السَّمكيَّة، إذ يُعْتَبر لَوْنًا فائقَ الرَّواج من ألوانِ الطَّعام.

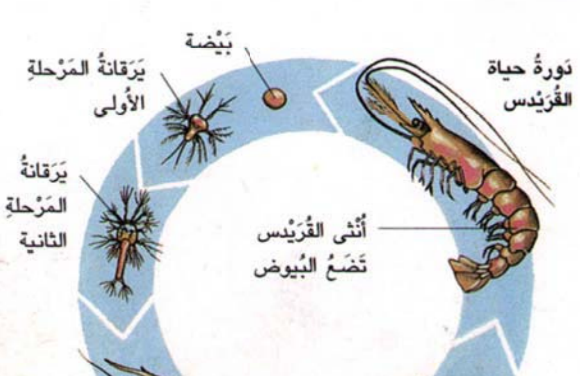
انسِلاخُ الهياكلِ القِشْريَّة

عندما تَنْمو اليَرَقانةُ، تَطْرحُ هيكلَها القِشْريَّ المُتَضَيِّقَ القديم وتُنْمِي هيكلًا قِشْريًّا جديدًا أكبَرَ، وتُسَمَّى هذه العمليَّةُ انْسِلاخًا. وتَسْتَمِرُّ القِشْريَّاتُ باطِّراح هياكِلها القِشْريَّة طوالَ حياتِها. أمَّا السَّرطانُ الناسِك العَديمُ القِشْرة فيَخْتارُ مَسْكنَه من المَحار المُطَّرَحةِ للولُك والبَرْوَنَق ومَفْصِليَّاتٍ أُخرى. وهو عندما يَتجاوزُ بنُمُوِّه مَسْكنَه، يَبْحثُ عن مَحارةٍ أكبَرَ ليَنْتَقِلَ إليها. ومُشْكِلةُ هذا السَّرطان أنَّه خِلالَ فترة تَغْيير المَحارات، يكونُ هو عُرضَةً سَهْلةً لِمُهاجَمةِ الأعداء.

السَّرَطاناتُ وجَرادُ البَحْر والكَرْكَنداتُ والقُرَيْدِسات كُلُّها عُشارِيَّةُ الأَرجُل. والزَّوجُ الأماميُّ من هذه الأرجُل مُهايأٌ كَكُلَّابتَيْن يَسْتَخدِمُهما الحيَوانُ للدِّفاع عن نفسِه ولاصطِيادِ فرائسِه وتَمْزيقِها، وكذلك لإرْسالِ إشاراتٍ إلى أفرادِ النَّوْع. وإذا فقَدَ الحيوانُ القِشْريُّ مِخلبًا أو رِجلًا فإنَّه يُعوِّضُها لاحِقًا بمِخْلَبٍ أو طرَفٍ ينبتُ مَكانَه.



القُرَيْدِساتُ (في أماميَّةِ الصُّورة) والكَرْكَنداتُ (في أعلى اليَسار) هي من أشهر القِشْريَّات. وهي، بالإضافةِ إلى السَّرَطانات وجَرادِ البَحْر، ذاتُ خمسةِ أزواجٍ من الأطراف وتُؤلِّفُ رُتْبةً كبيرةً من القِشْريَّاتِ تُسَمَّى عُشاريَّاتِ الأَرْجُل.



تضَعُ أُنثى القُرَيْدِس بُيوضًا تَفْقِسُ عن يَرَقاناتٍ سَبَّاحة. تَمُرُّ اليَرَقاناتُ في مَراحِلَ تطَوُّريَّةٍ مُتعَدِّدةٍ قَبْلَ أنْ تُصْبِحَ قُرَيْدِساتٍ بالِغةً تامَّةَ النمُوّ.

أُنْظُر أيضًا

العَناكِبُ والحُرُشُ (كثيرات الأَرْجُل) والعَقارِب

هذه الحيواناتُ هي طائفةٌ من شُعْبةِ المَفْصِليّات كما السَّرَطاناتُ والحَشَرات. العناكِبُ والعَقارِبُ ثُمانيَّةُ الأَرْجُل وتُسَمَّى، مُجْتمِعَةً، العنكبيّات؛ والحُرُش المُسمَّاةُ مئويَّةَ الأرجُل لمُعظمِها ما بين 15 وَ 23 زوجًا – زَوجٌ في كُلِّ شُدْفة. أما أَلْفِيَّة الأرجُل فلا تزيدُ أرجلُها على 750. وتُسَمَّى الحُرُش مُجتمِعَةً كثيراتِ الأرجُل.



قِلَّةٌ من المَفْصِليّات تَعْتَني بصِغارِها وتَتَعَهَّدُها؛ لكِنَّ بعضَ إناثِ العَقارب تَلِدُ صِغارَها نَشِطةً فتَحْمِلُها على ظَهْرِها لِحِمايَتِها من الضَّواري.

العَنكبيّاتُ في مُعظمِها حيواناتٌ صَيّادة، وهي مُسَلَّحةٌ بكُلّابَتَيْن سامَّتين ومُسْتَودعٍ من أحابيل الصيد. مئويّاتُ الأرجُل لاحِمةٌ صيّادةٌ تَغْتذي بالحَشَرات والعناكِب والديدان وسِواها من صغار الحيوان؛ أمّا أَلفِيّاتُ الأرجُل فعاشِباتٌ تَغْتذي بالنَّبْتِ الأخضر أو المُتَحلِّل. بعضُ ألفِيّات الأرجُل سامَّةٌ، لكِنَّها تَسْتَخْدِمُ سُمَّها دفاعًا عن النَّفْس فقَطْ ضِدَّ المُفترِسات.





هنالك حوالى 3000 نوع من مئويّات الأرجُل – تتفاوَتُ أطوالُها من 2 سم إلى 27 سم. وحيثُ إنَّها عديمةُ القِشْرة الجَسَديَّة الواقية فإنَّها مُضطرَّةٌ لِلعيش في بيئةٍ رَطْبة. أجْسامُ ألفِيّات الأقدام أكثر استِدارةً من مئويّاتِ الأقدام وأطوالُها تتَراوحُ ما بين 2 ملم و28 سم ويُوجَدُ منها حوالى 6500 نوع.

العَناكِب

العَناكِبُ من أنجَح الحيَواناتِ الصيّادة في العالَم. فبعضُها يَنْسُجُ شِعاعًا (ج. شُعّ) حريريَّةً يَصْطادُ بها الحَشَراتِ الطيّارةَ؛ وبعضُها الآخرُ يُطارِدُ فرائسَه بِسُرعةٍ، أو يَكْمُنُ في أَجْحارٍ لينقَضَّ عليها. العَناكِبُ السَّرطانيَّةُ تَعيشُ داخِلَ الأزهارِ وتَعْدو جانبيًّا. أمّا العَناكِبُ المائيَّةُ فتَصْطادُ في الماءِ أو على مَقْرُبةٍ منه.

جميعُ العناكِب تَغْزِلُ حَريرًا، حتّى تلك التي لا تَنْسُجُ شِعاعًا؛ وهي تَشُلُّ فرائسَها بكُلّابَتَيْن سامَّتَيْن. بعضُ الأنْواع، كالأرملة السَّوداء سامٌّ مؤلِمُ اللَّسْع – لكِنْ نادرًا ما يكونُ مُميتًا للبَشَر. العناكِبُ تَغْتذي فقط بغِذاءٍ مُسَيَّل. لذا فهي تَبْجُس عُصاراتٍ هاضِمةً على ضحاياها فتُسَيِّلُها ثُمَّ تَمْتَصُّها.

العَقارب

العَقارِبُ في الغالِب تَستوطِنُ المُناخاتِ الدافئة الجافَّة. وهي ذاتُ كُلّابَتَيْن، تَقْبِضُ بهما على فرائسِها، ومِخْلبٍ سامٍّ في ذَيْلها. وهذا الذَّيلُ يلْتَوي فوق رأسِ العَقْرب جاهِزًا للانقِضاض. إنَّ لَدْغةَ الكثيرِ من العَقارب قد تُمْرِضُ الشخصَ، لكِنَّها نادرًا ما تكونُ قتّالةً.

مِئويّاتُ وأَلْفِيّاتُ الأَرْجُل

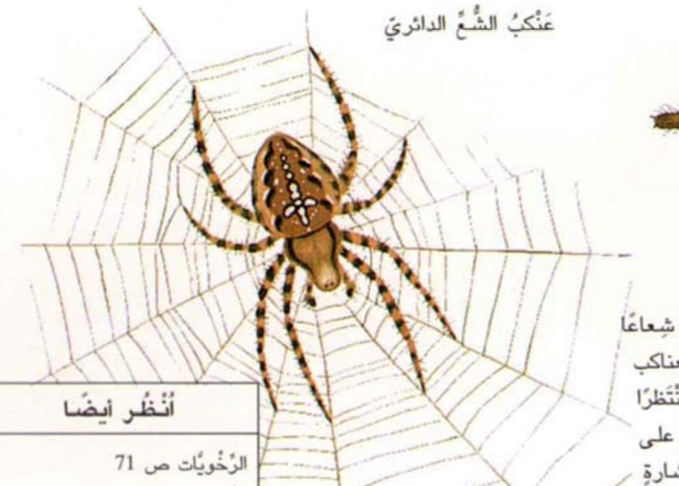
لَسْعةُ مئويّاتِ الأرجُل سامَّةٌ كَلَسْعةِ العَناكِب. فالزَّوجُ الأوَّلُ من أرجُلِ الحَريش (أمّ أربعٍ وأربعين) مُحَوَّرٌ إلى كُلّابَتَيْن. جميعُ مِئويّاتِ الأرجُل لَيْليَّةُ النَّشاط – تُلاحق فرائسَها، من رِخْويّاتٍ وديدانٍ وحَشَراتٍ صغيرة، بِخُطًى قصيرةٍ سَريعة. أمّا أَلْفِيّاتُ الأرجُل الأكثر أرجُلًا فتَقْتاتُ بأوراق النَّباتاتِ والمَوادِّ العُضويَّة المُنحَلَّة.



كُثْرةٌ من العناكبِ تَصْطادُ من مَكْمَنها مُتَربِّصةً بالفرائسِ العابرةِ عَرَضًا. عَنكَبُ بوَيْبِ المِصْيدة يَخْتبئ في جُحره، فاتحًا البُوَيْبَ المُمَفْصَلَ ومُتهيِّئًا للانْقِضاضِ على حَشَرةٍ مارَّةٍ عندما يتحَسَّسُ حركةَ عُبورِها.



العَنْكبُ المُغْتذي بالطُّيُور هو نوعٌ من الرُّتَيْلاءِ العِملاقة. يَبْلُغُ طولُ جِسْمِه حوالى 9 سم؛ وهو يَقْوَى على قَتْلِ أفراخِ الطيُور في أعشاشِها. لكنَّ الحَشَراتِ هي مُعظمُ غِذائه اليَوميّ.



عناكِبُ الشُّعِّ الدائريّ تَنْسُجُ شِعاعًا تُعتَبرُ أكثرَ جميعِ شِعاعِ العناكب تَعْقيدًا. وقد يَقْبَعُ العَنْكَبُ مُنْتَظِرًا في وَسَطِ الشُّعِّ، أو يَخْتَبئُ على مَقْرُبةٍ منه مُمْسِكًا بِخَيْطِ إشارةٍ يُنْذِره باعتِلاقِ حَشَرةٍ في شُعِّه الدَّبِق.

أُنْظُر أيضًا
الرِّخْويّات ص 71
الدِّيدان ص 72
القِشْريّات ص 73
التهايُؤ التكيُّفيّ والدِّفاع ص 95

الحَشَرات

ليسَ للحَشَراتِ ما تَقْصُرُ به عن سائرِ الحيوانات سِوى محدوديَّةِ الحَجْم. فهي تَسْتطيعُ العيشَ حَيثُما كانَ في العالَم، وتَقْتاتُ بأيِّ نوعٍ من الغِذاء، لكِنَّها لا تَسْتطيعُ النُّموَّ ألى أكثرَ من بِضْعةِ سنتيمترات طولًا.



القَمْلةُ البَشَريَّةُ كسائرِ القَمْلِ المَصَّاصة تَغْتذي بدَمِ اللَّبُونات؛ وبعضُها لَسَّاع. وأجزاءُ الفَمِ في جميعِ أنواعِ القَمْلِ مُهاياةٌ لِطَريقةِ اغْتذائها.



ذَكَرُ الخَنافِس الإفريقيَّة الجبَّارة اضخمُ وأثقلُ حَشَرةٍ في العالَم، إذْ يَبْلُغُ طولُه 110 ملم ويَزِنُ 100 غرام. ولَو كانَ أثقلَ لانهارَ تحتَ وَطاةِ وَزْنِه وعُسْرِ تَنَفُّسِه.

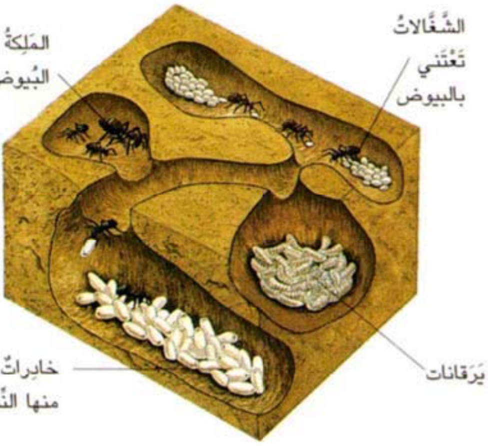
الحَشَراتُ أكثَرُ أنواعِ الحيوانات عددًا. فالمَعْروفُ منها يَزيدُ على المليون نوعٍ - أي أكثر من مُجْمَلِ أنواعِ الحيوانات الأُخرى مُجْتمِعةً.

جِسْمُ الحَشَرة

حَجْمُ الحَشَرات يَتَراوحُ بينَ البَراغيثِ الدقيقة المِجْهَريَّةِ والخنافِسِ بِحَجْمِ قَبْضةِ اليَد. والحَشَراتُ لا هَيْكلَ عَظْميًّا لها وهي تَسْتَعيضُ عنها بأغلفةٍ قِشْريَّةٍ أو هياكِلَ خارجيَّةٍ صَلْدة تَحْمي الأعضاءَ الداخليَّة وتلتصِقُ بها عَضَلاتُ الحَشَرةِ من الداخل.

جميعُ الحَشَرات مُتماثِلَةٌ في تَصْميمِ الجِسْم. فالجِسْمُ يَنْقَسِمُ إلى ثلاثةِ أجزاء: رَأسٍ وصَدْرٍ وبَطْن. فالرأسُ فيه العينان والفكُوك (الفكَّان الأماميَّان والفكَّان الخلفيَّان) وقَرْنا الاستِشعار. والصَّدْرُ هو الجُزْءُ الأَوسَط الذي تَتَّصِلُ به الأرجُل السِّتُّ وزَوجُ أو زَوجا الأجنحة في الحَشَرات الطَّيَّارة. والبَطْنُ، وهو الجُزْءُ الخَلْفيُّ، يَحْوي المَعِدةَ والأعضاءَ التناسُليَّة وأنابيبَ التنَفُّس وفوهاتِها المُنْتَشِرةَ على هذا الجُزْءِ كثُغورٍ تنَفُّسيَّة. وتَحُلُّ هذه الأنابيبُ مَحَلَّ الرِّئتَيْن؛ وبِسَبَبِها لا تَسْتطيعُ الحَشَراتُ النُّمُوَّ إلى أحجامٍ كبيرة. لأنَّ الهواءَ حينئذٍ لن يتَمَكَّنَ من الدُّخولِ والإنْتِشارِ في أجسامِها بالسُّرعةِ الكافيةِ عَبْرَ ثُغورِ التنَفُّس.

للكثيرِ من الحَشَراتِ زَوجٌ من الأعيُنِ المُرَكَّبة، تتألَّفُ واحدتُها من مئاتِ العَدَسات (أو العُيَيْنات) التي تكَوِّنُ كُلٌّ



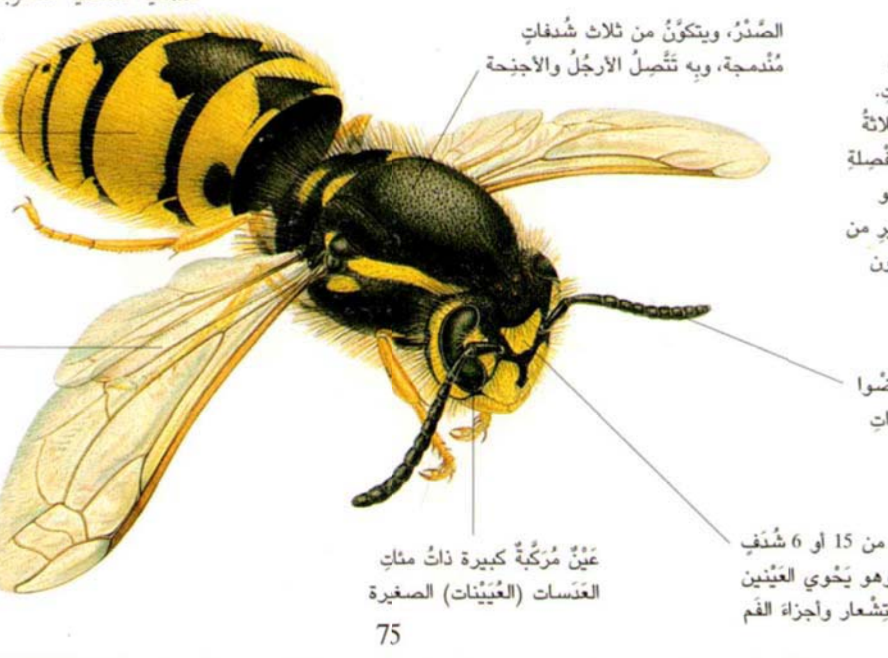
النَّمْلُ من الحَشَراتِ الاجتماعيَّة. في عُشِّ النَّمْلِ الجَماعيِّ تضَعُ المَلِكةُ البُيوضَ؛ والشَّغَّالات تَرْعى البُيوضَ واليَرَقانات؛ والجُنودُ تَحْمي القَرْيَةَ العُشّ.

منها صورةً دقيقة. لكِنَّ دِماغَ الحَشَرة يُوَحِّدُ هذه الصُّوَرَ في صُورةٍ واحدة.

الحَشَراتُ الاجتماعيَّة

النَّمْلُ والأَرَضُ والكثيرُ من الزَّنابيرِ والنَّحْلِ كُلُّها حَشَراتٌ اجْتماعيَّة - تَقومُ أفرادُها بوَظائفِها كأعضاءٍ في عَميرةٍ واحدة. وتَتَرَكَّزُ حياةُ العَميرةِ على مَلِكةٍ واحدةٍ تضَعُ البُيوض. وتَقْتَصِرُ وَظيفةُ الذُّكورِ على إخصابِ المَلِكاتِ الجديدة التي تَطيرُ لِتُؤَسِّسَ عَميراتٍ جديدةً. وتَنْتَهي حياةُ الذكور بانتِهاءِ وَظيفتها. الشَّغَّالاتُ تَقومُ بِمُهِمَّاتٍ مُتنَوِّعةٍ لِتَسْييرِ شؤونِ العَميرة؛ وهي تَنْقَسِمُ إلى فِرَقٍ مُتَراتِبة تَقومُ كُلٌّ منها بأعمالٍ مُعَيَّنة - فالنَّملُ الجُنديَّةُ، مثلًا، تَحْمي العَميرة.

الحَشَراتُ الاجتماعيَّةُ تَبْني بِنًى مُعَقَّدة. فالزَّنابيرُ تَصْنَعُ أعشاشًا وَرَقيَّةً من مُضاغة النَّبْت. والنَّحْلُ تَبْني أقراصَ عَسَلٍ شَمْعيَّةً هَنْدسيَّةً مُنَخْرَبةً بِعُيونِ الشِّهاد. والنَّمْلُ والأَرَضُ تَبْني من التُّربةِ قُرًى عُشِّيَّةً ضخمةً. ◄



جِسْمُ هذا الزُّنْبارِ ثُلاثيُّ الأجْزاء كسائرِ الحَشَراتِ. والحَشَراتُ البالِغةُ لها ثلاثةُ أزواجٍ من الأرجُلِ المُتمَفْصِلةِ وغِلافٌ جِسْميٌّ عاسٍ هو هيكَلُها الخارجيّ. وللكثيرِ من الحَشَرات زَوجٌ من العُيون المركَّبةِ الضخمة.

دَورةُ حَياةِ الفَراشة المَلكيَّة

تضَعُ هذه الفَراشةُ بُيوضَها على نَبْتةِ الصُّقلاب ذاتِ العُصارة اللبنيَّة. وتفقِسُ كُلُّ بَيْضةٍ عن يَرقانةٍ أو أُسْروع يأكُلُ الأوراقَ ويَنْمُو بسُرعة؛ وتعملُ ألوانُ حَلَقاته الزاهية المُخطَّطة على تَرْويع الطيور الجائعةِ وإبعادِها. وعندما يكتمِلُ نمُوُّ الأُسروع يتحَوَّلُ إلى خادِرةٍ (حَوراء). وداخِلَ الغِلافِ (الفَيلَجة أو الشَّرْنَقة) الذي يَبْدو لا حياتيًّا في الظاهر، تَحْدُثُ عِدَّةُ تَغَيُّرات. ثُمَّ تَنْشَقُّ الشَّرنقةُ عن حشَرةٍ بالِغةٍ تَزْحفُ خارجَها. وما إن تجِفَّ أجنِحَتُها حتّى تَطيرَ في سَبيلها.





فَصيلة الذُّباب إحدى أكبرِ الفِئات الحَشَريَّة؛ ففيها أكثَرُ من 000 750 نَوْع. كَثيرٌ من أنواع الذُّبابِ تضَعُ بُيوضَها في رَوْثِ الحيَواناتِ أو في الأطعمةِ المُتعَفِّنة. والبعضُ منها يَنْشُرُ أمراضًا، كالكُوليرا (الهواءِ الأصْفر) والمَلاريا (البُرَداء).



السُّرْماناتُ أسْرعُ الحَشَراتِ الطيَّارة في عالَم الحَشَرات. وهي تَسْتطيعُ التَّحْويمَ، وحتَّى الطيرانَ إلى الوراءِ أثناءَ قَنْصِ فرائسِها بأرجُلِها الطويلة. حَواري (ج. حَوراء) السُّرْمانات مائيَّةُ العَيْش تَتطَوَّرُ تحت الماءِ في البِرَكِ والمُسْتَنْقعات.

الطَّيَران

مُعظمُ الحَشَراتِ لها زَوْجانِ من الأَجنِحَة. لكِنَّ شَغَّالاتِ النَّمْلِ والبَراغيثِ عديمةُ الأَجْنِحة. ولا يَبْدو الجُعَلُ (الخُنْفُساء) ذا أجنِحةٍ لأنَّ جَناحَيْه الأَماميَّيْن يُشكِّلان غِلافَيْن صُلْبَيْن يُغَطِّيان الجَناحَيْن الخَلْفيَّيْن المُرْهفَيْن اللَّذَيْن يَطيرُ بهما. أمَّا الحَشَراتُ الطيَّارةُ الأَسْرعُ، كالزَّنابير، فلها زَوْجانِ من الأجنِحة. الذُّبابيَّاتُ الحَقَّة ذاتُ زَوجٍ واحدٍ من الأجنِحةِ الطيرانيَّة، والجَناحان الخَلْفيَّانِ يتطَوَّران إلى نُتوءَيْنِ دبُوسيَّيْن يُستَخْدمان للتَّوازُن.

الدَّوراتُ الحياتيَّة

إناثُ الحَشَرات كُلُّها تَسْرأُ (تضَعُ) بُيوضًا. وصِغارُ مُعظمِ الحَشَرات تَمُرُّ عَبْرَ مراحِلَ أَرْبعٍ من النمُوِّ والتطَوُّر. وهذه المراحِلُ في الفَراشِ والعُثِّ هي: البَيْضةُ، واليَرقانةُ، والخادِرةُ، والحَشَرةُ البالِغة. والحَشَرةُ غيرُ المُكْتَمِلةِ النُّمُوِّ هي سُرْفَةٌ (أُسروعٌ) لا شَبَهَ مُطلقًا بينَها وبينَ الحَشَرةِ البالِغة. والأساريعُ لا عَملَ لها سِوى الْتِهامِ النَّباتات. أمَّا الفراشُ والعُثُّ البالِغة فوَظيفَتُها الرئيسيَّةُ هي التزاوُج.

بعضُ حَشَراتٍ أخرى، كالجنادبِ والصراصير (بَنات وِرْدان) تَمُرُّ عَبْرَ عمليَّةِ نُمُوٍّ ثُلاثيَّةِ المَراحِل - بَيْضة، وحَوراءَ، وحَشَرةٍ بالِغة. وتَبْدو الحَوراءُ كأنَّها نُسْخَةٌ مُصغَّرةٌ عن الحَشَرةِ البالِغة، لكِنَّها غالبًا عديمةُ الأجنِحة - في حين أنَّ الحَشَرةَ البالِغةَ مُجَنَّحَةٌ عادةً.

الطَّعام

عمليَّاتُ التطَوُّرِ والتكيُّف البيئيِّ على مَدى العُصور جَهَّزتِ الحَشَراتِ بأجزاءِ فَمٍ تَسْتطيعُ أكْلَ ضُروبٍ مُخْتلِفةٍ من الأطعمة. فبعضُ الحَشَراتِ لاحِمٌ يَصْطادُ فَرائسَه بالمُلاحقةِ السَّريعة (كالسُّرْمان) أو يَقْنِصُها خُلْسَةً (كالسُّرعوفَة). فيما بعضُها الآخَر عاشِبٌ يَمْضَغُ الأوْراقَ أو يَمْتَصُّ النُّسْغَ أو يَنْقُبُ الخشَب.

تضَعُ أُنثى الجُنْدُب بُيوضًا تَفْقِسُ عن حواري (عذارى) عديمةِ الأجنِحة. وحينَما تُنْمِي الحواري أجنِحةً تَبْدو كأنَّها نُسَخٌ مُصَغَّرةٌ عن أبوَيْها. وهي تَسْتَطيعُ القَفْزَ فقَط، لِذا فإنَّها تَتواجَدُ على مَقْرُبةٍ من الأرض. أمَّا الجنادبُ البالِغةُ فتَسْتطيعُ الطيرانَ إلى سُوق النباتات.





◄ التَّزاوجُ عندَ بعضِ الحَشَرات عمليَّةٌ خَطِرة. فالسُّرعوفَةُ الأُنْثى تَلْتهِمُ أيَّ شيءٍ في مُتناوَل فَكَّيْها – بما فيه الذَّكَرُ الذي تزاوجَت معه منذُ لَحَظات.



خُطَّافِيّاتُ الذَّيْلِ فَراشاتٌ كبيرةٌ في إفريقية وأوروبا وآسيا. مُعظمُ الفراشِ يَطيرُ نَهارًا.



5 داخِلَ الشَّرْنَقة، تتكَوَّنُ فراشَةٌ بالِغةٌ تخرُجُ عندَ انفِلاق الجِلْد

6 تتشبَّثُ الفَراشةُ بعُسْلوجٍ (غُصَينٍ) فيما يَسْري الدَّمُ في أجنِحَتِها الجديدة

7 عندما تَتقَسّى الأجنِحَةُ وتَجِفُّ، تَطيرُ الفراشةُ في سَبيلِها. ويُمكِنُ حينئذٍ بَدْءُ الدَّورةِ مُجَدَّدًا.



تَطيرُ العُثُّ لَيلًا في الغالِب. وهي إجمالًا أقلُّ تلوُّنيَّةً وتألُّقًا من الفَراش. والبَسْطَةُ الجناحِيَّةُ للعُثَّةِ القَمَريَّة حوالى 11 سم.



عُثَّةٌ إمبراطوريَّة. تُبقي العُثُّ أجنِحَتَها مَبْسوطةً أثناءَ السُّكون. وتَستطيعُ بخَفْقِ أجنِحَتِها المُبَقَّعة تَجْفيلَ الأعداء.



الفَراشاتُ الكَبيرة، كهٰذه الرَّاجابْرُوك الطائريَّةِ الجَناح، تتَواجَدُ في الغاباتِ المَداريَّة. والفَراشاتُ عادةً تَطْوي أجنِحَتَها إلى أعلى عندَ السُّكون.

الحَشَراتُ المُؤذِيةُ والمُفيدة

بعضُ الحَشَرات، كالجَرادِ الصَّحْراويِّ في إفريقية، هي آفاتٌ مُدَمِّرة. فأَسْرابُ الجَراد قد تَمْحَقُ حَقْلًا كامِلًا من الزُّروع في بِضْعِ ساعاتٍ وتُسَبِّبُ مَجاعةً في بِضْعةِ أيّام. لكِنَّ كثيرًا من الحَشَراتِ الأُخرى هي حَشَراتٌ مُفيدةٌ. فَبِدُون النَّحْلِ والحَشَراتِ الطَّيّارةِ الأُخرى، لَنْ تَتأَبَّرَ (تتلَقَّحَ) النباتاتُ المُزْهِرة، والأشْجارُ المُثْمِرةُ لَنْ تُنْتِجَ ثِمارًا. وقد دأبَ البَشَرُ على جَنْيِ العسَلِ الذي تَصْنَعُه النَّحْلُ من رَحيقِ الأزْهار، على مَدَى آلافِ السِّنين.

والحَشَراتُ القَمّامةُ، كالخنافِسِ الدَّفّانة تَغْتذي بالموادِّ المَيْتةِ وتُساعِدُ في تَسْميدِ التُّرْبة. والدَّعسوقيّاتُ وبَعضُ الزَّنابير مُفيدةٌ لأنَّها تأكُلُ حَشَراتٍ أُخرى، كالأرَق (حَشَراتِ المَنِّ) ويَرَقاناتِ حَشَراتٍ ضارَّة أُخرى. ويَقومُ النَّاسُ بتَرْبيةِ دُودةِ القَزِّ من أجْلِ حريرِ شرنَقَتِها الذي تَغْزِلُه أثناءَ تَحَوُّلِها إلى خادِرة.

خَوارِقُ صُغْريَّةٌ رائعة

هنالِكَ بعضُ الأرقامِ القياسيَّةِ الخارِقة في عالَمِ الحَشَرات. فصَريرُ زيزِ الحَصاد يُمكِنُ سَماعُه عن بُعْد 500 مِتْر. ومَلِكَةُ الأرَضِ قد تُعَمِّرُ 50 عامًا. وتَسْتطيعُ حَشَراتٌ كثيرةٌ رَفْعَ أو سَحْبَ أجْسامٍ أثْقَلَ من وَزْنِها 20 مَرَّةً. لكِنَّ الحَشَرةَ الأَضْخَمَ، وهي فراشَةُ المَلِكة ألكسَنْدرا الطائريَّة الأجنِحة، لا تزيدُ بَسْطَةُ أجنِحَتِها على 28 سم.



الجَرادُ حَشَراتٌ مُنفَرِدةُ العَيش. لكِنَّها تُشكِّلُ أَسْرابًا مُهاجِرةً ضَخْمةً حينما تتجَمَّعُ بالآلافِ لِسَرْءِ البَيْض. وجَحافِلُ الحواري العديمةِ الأجنِحَة تَثِبُ على الأرض بَدْءًا، ثُمَّ تَطير. وبعضُ أسرابِ الجَراد تَلْتَهِمُ ما يُلاقيها من زُروعٍ دونَ أنْ تَتْرُكَ فيها وَرقةً نَباتيَّةً واحدة.

أُنْظُر أيضًا

العَناكِبُ والحُرْش (كثيرات الأرجُل) والعَقارِب ص 74
التناسُلُ الحيَوانيّ ص 88 – 89

الأَسْماك

الأَسماكُ كانت الحيواناتِ الفَقاريَّةَ الأُولى ذاتَ العَمودِ الفَقَريِّ والهيكلِ العَظميَّيْن؛ وهي الحيَواناتُ الأفضَلُ مُهايأةً للعَيْشِ في الماء.

هنالك ثلاثُ فِئاتٍ من الأَسماك، تَتواجَدُ كُلُّها في مياه البِحار والمياهِ العَذْبة. فالأسماكُ الغُضْروفيَّةُ غُضروفيَّةٌ لا عَظْميَّةُ الهياكلِ وجِلْديَّةٌ لا حَرْشَفيَّةُ الجِلد؛ وهي تَشْمَلُ القِرْشَ والشِّفْنين. وأَصْغرُ الفئاتِ هي الأسماكُ اللّافكِّيَّةُ، كالجَلَكَى والجِرِّيث. أمّا كُبْرى الفئاتِ إلى حَدٍّ كبيرٍ فهيَ الأسماكُ العَظميَّةُ ذاتُ الحَراشفِ العَظميَّةِ، التي تُغَطِّي أجسامَها، وذاتُ الهياكلِ العَظميَّة. وهذه الأسماكُ مُتَواجِدَةٌ حاليًّا بِكِلا الشَّكْلَين القديمِ والمُتطَوِّر.

العَيْشُ في الماء

تواجَدت الأَسماكُ الأُولى في البِحارِ مُنْذُ حَوالى 540 مِليون سَنة. وهيَ بِمُنْظومةِ التنَفُّسِ عَبْرَ الخَياشيم، مُهايأةٌ تمامًا للعَيْشِ في الماء. مُعظمُ الأَسْماك لا تَسْتَطيعُ العيشَ خارِجَ الماء. فقَط الأسماكُ الرِّئويَّةُ هي التي تَسْتطيعُ تَنَفُّسَ الهواءِ لأنَّها ذاتُ رِئتَيْن بِدائيَّتين. هذه الأَسماكُ تستوطِنُ المياهَ الرَّاكدةَ القليلةَ مُحتَوى الأُكسجين، لذا فهي تَطْفو لِتَعُبَّ أنفاسًا منَ الهواءِ عندَ السَّطْح.

أسماكُ المياهِ المالِحة أو العَذْبة

حَوالى 60 بالمئة من مُختلِف أنواعِ الأَسماك تعيشُ في المياه المالِحة؛ وبِضْعَةٌ من الأنواع تَسْتَطيعُ العيشَ في كِلا نَوعَي المياه – المالحةِ أو العَذْبة. وحيثُ إنَّ مياهَ البَحْر أكثَرُ مُلوحَةً من سوائلِ أَجْسامِها، فإنَّها تَفْقِدُ الماءَ عَبْرَ جِلْدِها بطريقةِ التَّناضُح (الإنْتشارِ الأُزْموسيّ). وهي تَشربُ ماءَ البَحْر باستِمْرار لِتَمْنعَ تَجْفافَ أجسامِها. ويَنْعَكِسُ الوَضْعُ في أسماكِ المياهِ العَذْبة، فإنَّ أَجْسامَها الأكثَرُ مُلوحَةً من المياهِ العَذْبَة تمتَصُّ الماءَ باستِمْرار؛ وهي تَتَخَلَّصُ من الماءِ الفائضِ بكَثْرةِ البَوْل.

أنواعُ الأَسْماك

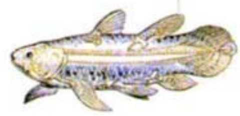
تُصَنَّفُ الأَسماكُ حسَبَ بِنْيةِ أَجسامِها وهياكِلِها. هنالك أَسماكٌ عديمةُ الفَكَّيْنِ وأسماكٌ غُضْروفيَّةٌ ونوعانِ من الأسماكِ العَظْميَّة.



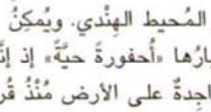
الجَلَكَى (أعلاه) والجِرِّيثُ أسماكٌ بِدائيَّةٌ جِدًّا ذاتُ أفواهٍ ماصَّةٍ بدَلَ الفكَّينِ والأسنانِ الصَّلْدة. ويعتقِدُ العلماءُ أنَّ جميعَ الأسماك في مِياهِ العالَمِ تحَدَّرَت مِنْ مِثل هذه الأسماك.



هياكِلُ سَمك القِرْشِ غُضْروفيَّةٌ لا عَظْميَّة. وأسلافُ هذه الضَّواري الشرسةِ سبَحَت وتَصَيَّدت في بِحارِ ما قَبْلَ التاريخ؛ والكثيرُ منها الآنَ مُهَدَّدٌ بالإنْقِراض.

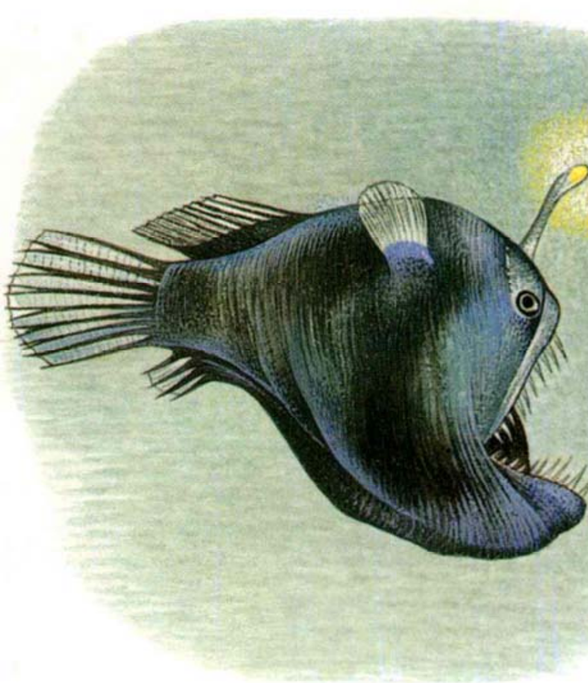


السِّيلاكانث سَمَكةٌ عَظْميَّةٌ بِدائيَّة في المُحيط الهِنْدي. ويُمكِنُ اعتبارُها «أُحفورةً حيَّةً» إذ إنَّها مُتَواجِدةٌ على الأرض مُنْذُ قُرابةِ 400 مِليون سَنة.



سَمَكُ الفَرْخ مَثَلٌ على الأسماك العَظْميَّةِ المُعاصِرة التي تَعيشُ في المياهِ العَذْبة. هنالك حَوالى 20 000 نوعٍ من الأسماك العَظْميَّة، وهي أكثَرُ بِعِدَّةِ مَرَّاتٍ من الأسماكِ الأُخرى.

السَّمكةُ الرِّئويَّةُ الإفريقيَّةُ تطمِرُ نَفْسَها في الطِّين إذا جَفَّت بِرْكَتُها. وهي تَبْقَى حَيَّةً وساكِنَةً دونَ حَراكٍ بتَنَفُّسِ الهواءِ عَبْرَ رِئتَيْها.



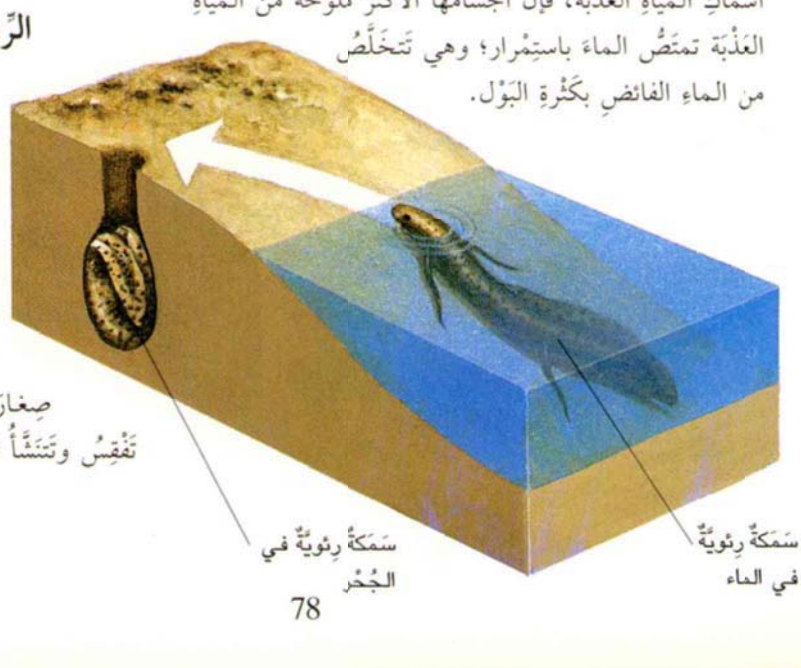
سَمَكةُ الأَعماق «أبو شِصّ» تعيشُ في الظُّلْمةِ وتَجْتَذبُ فرائسَها بِطُعْمٍ شَرَكيٍّ مُضيءٍ. والكثيرُ من أسماكِ الأَعماق تُوَلِّدُ أضواءَها الخاصَّةَ لاجتِذابِ القَرينِ أحيانًا.

الهِجْرة

تَقومُ بعضُ الأَسماك بهِجْراتٍ طويلَةٍ عَوْدًا إلى مواقِعِ توالُدِها. فالسَّلْمونُ يَبدأُ حياتَه في المياه العَذْبةِ سابِحًا في اتِّجاهِ مَجْرى النَّهْر إلى البَحْر. وعندما تَبْلُغُ أسماكُ السَّلْمونِ سِنَّ التوالُد، تَقومُ برِحْلَةِ عَودةٍ مُذْهِلةٍ إلى النَّهر ذاتِه الذي أُفرِخَت فيه – حيثُ تَتَزاوجُ وتُفْرِخُ وتموت – مُكمِلَةً دورةَ حياتِها. وتقومُ الأنقَليساتُ الأمريكيَّةُ والأوروبيَّةُ بهِجْراتٍ مُماثِلةٍ، من أنهارِ المياه العَذْبةِ إلى مِياه المُحيطاتِ العميقةِ المالِحة.

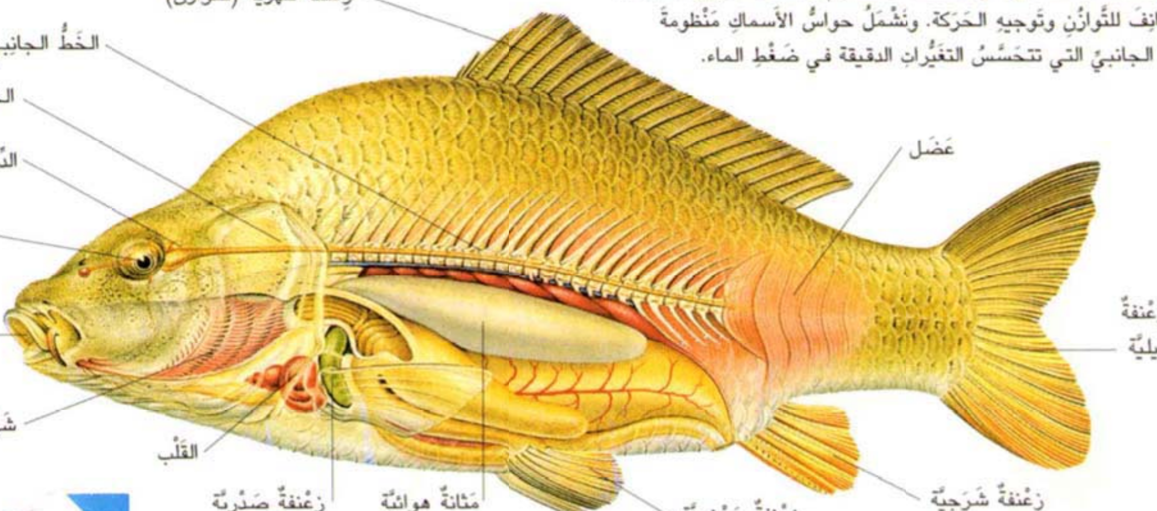
الرِّعايةُ الوالديَّة

إناثُ السَّمَك كُلُّها تَبيضُ؛ وتَسْرأُ السَّمكةُ عادةً كمِّيَّةً ضخمةً من البُيوض تُخْصِبُها الذُّكورُ. وعندما تُفرِخُ الصِّغارُ تدَبَّرُ أُمورَها بنَفْسِها غالِبًا. إذْ إنَّ قِلَّةً من الأَسْماكِ فقط تَهْتَمُّ برِعايةِ صِغارِها. فسَمكُ «أبو شوكة»، مثلًا، يَبْني أعشاشًا يُدافِعُ عنها الذَّكَرُ بِضَراوة. وبعضُ المِشْطيَّاتِ (البُلْطيَّات) تَحْمِلُ صِغارَها في أفواهِها لِتَحْميها. وصغارُ فَرسِ البَحْر تَفْقِسُ وتَنَشَّأُ في جِرابٍ خاصٍّ تحتَ ذَيْلِ الذَّكَر.



أَجْزاءُ السَّمَكة

جِسْمُ السَّمَكةِ العَظْميَّةِ عادةً مَشيقٌ انْسِيابيٌّ مُهايأٌ للسِّباحة – مع أنَّ لِكثيرٍ من الأسماك أشكالًا مُسْتديرةً أو مُفَلْطَحة. تَستَخْدِمُ الأَسْماكُ الذُّيولَ للسِّباحةِ، والزَّعانِفَ للتَّوازُنِ وتَوجيهِ الحَرَكة. وتَشْمَلُ حواسُّ الأَسماكِ مَنْظومةَ الخَطِّ الجانبيِّ التي تتحَسَّسُ التغَيُّراتِ الدقيقة في ضَغْطِ الماء.

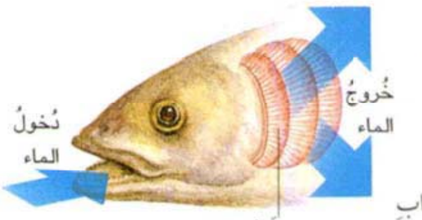


الأَشكالُ والمُهايآتُ التكيُّفيَّة

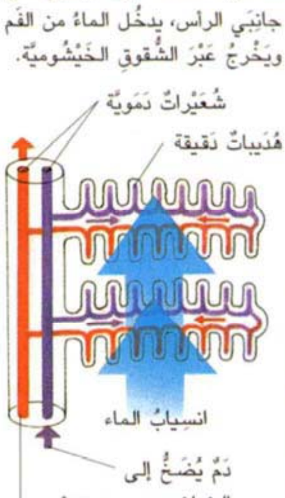
تتواجَدُ الأَسْماكُ بأشكالٍ جُسْمانيَّةٍ مُتَنوِّعة. بالأَنْقليساتُ أشبَهُ بالثعابين؛ والأسماكُ المُفَلْطحةُ، كالپْليس، تَبْدأُ حياتَها بالوَضْعِ المُعْتَدل ثُمَّ تَضْجَعُ على جانبٍ. وخِلالَ نمائها تَنْتَقِلُ عينُ الجانبِ السُّفليِّ عَبْرَ الرأس إلى الجانبِ العُلْويِّ بحيثُ تَسْتطيعُ السَّمكةُ البالِغةُ أنْ تَنْظُرَ من مَخْبئها في قاعِ البَحْر إلى أعلى بِكِلْتا العَيْنين. والأَسماكُ الشَّيْهميَّةُ، ذاتُ الجلدِ الشَّوكيّ، تَنْفُخُ نفسَها كالبالون لِتُبْعِدَ المُفْتَرِساتِ أو تَصُدَّها. وبعضُ الأسماك، كعَقارِبِ البَحْر والشِّفنين اللَّسَّاع، ذاتُ أشواكٍ سامَّةٍ قتّالةٍ حتّى للبَشَر.

وبعضُ الأَسماكِ مُهايأةٌ بتَكيُّفاتٍ غَريبةٍ. فأسماكُ الأَعماق في عالَمِها الدامِس، الذي لا يَبْلُغُه ضوءُ الشَّمْس، تُوَلِّدُ أضواءَها الكيماويّةَ الخاصَّة. وتُمَوِّجُ أسماكُ «أبو شصّ» طُعْمًا مُضيئًا لِاجْتِذابِ الفرائسِ ضِمْنَ مدَى التِقافِها. والرَّامي، من أسماكِ المياهِ العَذْبة، يَقذِفُ فرائسَه من الحَشَراتِ الطيَّارةِ بنَفْثَةِ ماءٍ نافوريَّةٍ تُسْقِطُها من الجوّ.

وتَسْتطيعُ بعضُ الأسماكِ مُغادَرةَ الماءِ لِفَتْرةٍ وَجيزة. فجَوَّابُ الطِّيْن، الطويلُ المِنْقار، يَدِبُّ على الطِّين بزعانِفَ رِجْليَّةِ الشَّكْل. والأَسماكُ الطيَّارةُ تَستَخْدِمُ زَوجًا من الزَّعانِفِ المُقَسَّاةِ الطويلةِ كجَناحَيْن تَنْطَلِقُ بهما عَبْرَ الهواءِ هَرَبًا من الأَعداءِ بِسُرعةٍ قد تبلغُ 60 كم/سا.



تَتنَفَّسُ الأسماكُ عَبْرَ خَياشيمَ على جانِبَي الرأس، يدخُل الماءُ من الفَم ويَخْرُجُ عَبْرَ الشُّقوقِ الخَيْشوميّة.



تَضُمُّ الخياشيمُ هُدَيباتٍ دقيقةً مَليئةً بالدَّم. هذه الهُدَيْباتُ تأخذُ الأكسِجين من الماءِ الذي تَعُبُّه السَّمَكةُ عَبْرَ فَمِها.



سِرْبٌ من أسماكِ السَّلِمَةِ السَّوداءِ التَّخَطُّط. تَسْبَحُ الأسماكُ جَماعاتٍ للحِماية؛ فَمِن العَسير التِقاطُ سَمكةٍ بعَيْنِها من بين هذا العَدَدِ الغَفير.

أُنْظُر أيضًا

المُحيطات ص 12 – 13
البَرْمائيّات (القوازِب) ص 80 – 81
الزَّواحف ص 82 – 83
الهِجْرة ص 93

البَرْمائيَّات (القَوازِب)

أصغَرُ طَوائفِ الفَقاريَّات هي البَرْمائيَّاتُ (القَوازِب). ورُغْمَ كَوْنِها أُولى الحيَوانات التي استَوطَنَتِ اليابِسة، فإنَّ عَودَتَها إلى الماءِ بَقِيَت ضَروريَّةً للتَّوالُد.



1 تَسْرَأُ أُنثى الضفادِعِ بُيوضَها في الماء، مغَلَّفةً بغِشاءٍ هُلاميّ.



سَمَنْدَلٌ طويلُ الذَّيْل يَقْضي مُعظمَ حياتِه على اليابِسة.

البَرْمائيَّاتُ أصغَرُ طائفةٍ من الفَقاريَّات. وهي تَضُمُّ حوالى 3000 نوعٍ مُختلِف. والبَرْمائيَّاتُ، كما الأسماكُ والزَّواحِف، هي من ذَواتِ الدَّمِ البارِدِ المُتَغيِّرةِ درَجة الحرارة – فلا تَسْتطيعُ نَظْمَ دَرجةِ حرارتها، بل تَعتمِدُ على شَعِّ الشَّمْسِ لِتَدْفِئةِ أجْسامِها. ومُعظمُ البَرْمائيَّات تَبدأُ حياتَها في الماءِ وتَتنَفَّسُ بالخياشيم. وخِلالَ نمُوِّها، تُطوِّرُ رِئتَيْن وأرجُلًا، وتَغْدو قادِرةً على التَّجوال في البَرِّ الجافّ.

مَعايِشُ البَرْمائيَّات

تَتواجَدُ البَرْمائيَّاتُ في جميعِ أنحاءِ العالَم عدا المِنطقتَيْن القُطْبيَّتَيْن. وهي تَعيشُ في العديدِ من المَواطِنِ البيئيَّةِ المُخْتلِفة – بما فيها الغاباتُ المَطيرةُ والبِرَكُ والحَرَجاتُ والبُحَيْراتُ والسُّهوبُ الجَبليَّةُ المُعْشِبةُ العالية وحتَّى الصَّحاري.

ورُغْمَ أنَّ البَرمائيَّاتِ البالِغةَ تَسْتطيعُ تجاوُزَ فتراتِ الجَفاف، فإنَّ مُعظمَها يَحتاجُ إلى العَيْش في بيئةٍ رَطْبةٍ، كنَهْرٍ أو بِرْكة. وفي الغاباتِ المَداريَّةِ المَطيرةِ الرَّطْبة، تَسْتطيعُ ضفادِعُ كثيرةٌ البقاءَ دونَ الحاجةِ إلى مياهٍ دائمة – مُسْتَخدِمةً قُطَيْراتِ الماءِ التي تَتجمَّعُ في أوراقِ النَّباتات.

ولمَّا كانت هذه الحيواناتُ بارِدةَ الدَّم، فإنَّها تَغْدو فاتِرةَ الهِمَّةِ والنَّشاطِ في الطَّقسِ البارِد. وعندَ اشتِدادِ البَرْد، قد تَسْتكِنُّ في الطِّين غالبًا في قاعِ بِرْكةٍ و تحتَ جِذعِ شَجَرة.



السَّمَنْدَلُ الناعِمُ، كسائرِ سَمادِلِ الماء، يتَصيَّدُ طعامَه في الماء؛ مُسْتَعينًا بخَفْقِ ذيلِه الطويل للسِّباحة.



ضِفْدَعُ الشَّجَرِ الأخضَرُ، كالكثيرِ من الضفادِعِ، يَنْفُخُ كيسًا بُلْعوميًّا «لِلغِناء» خِلالَ موسمِ التَّزاوجِ لِاجْتِذابِ قَرينةٍ.

رُتَبٌ ثَلاث

تُؤلِّفُ الضفادعُ والعلاجيم 80 بالمئة من كافَّةِ أنواعِ البَرْمائيَّات. والرِّجْلانِ الخَلْفيَّتان في هذه الكائنات طويلَتانِ وقويَّتان تُمكِّنُها من التَّنَقُّلِ قَفْزًا – مع أنَّ كثيرًا من العلاجيم تُفَضِّلُ الزَّحْفَ على الأرض. وتُؤلِّفُ السمادِلُ وسَمادلُ الماءِ رُتْبَةَ الضفادِعِ المُذَنَّبة، وهي تَتميَّزُ بأرْجُلٍ قَصيرةٍ وأذيالٍ طويلة. وتَضُمُّ الرُّتْبةُ الثالثةُ الأصغَرُ الضفادِعَ التُّعبانيَّةَ عديمةَ الأرجُل وهي أشبَهُ بالدِّيدان، وتَعيشُ تحتَ الأرض.



تعيشُ الضَّفادِعُ الثُّعبانيَّةُ في المناطِقِ المَداريَّة. وهي تعيشُ في جُحورٍ تحتَ الأرض، وتَتَصيَّدُ ليلًا. هنالك 160 نوعًا فقَط في هذه الفئة من البَرمائيَّات.

الغِذاءُ والبَحْثُ عن القَرين

يَجِدُ الكثيرُ من الناسِ صُعوبةً في تَمْييزِ الضفادِعِ من العلاجيم. وكقاعدةٍ عامَّةٍ، فإنَّ الضفادِعَ تَتَميَّزُ بجِلْدٍ أنْعَمَ وأمْلَسَ، وهي تَقْضي مُعظمَ حياتِها في الماء. مُعظمُ الضفادعِ والعَلاجيمِ تَفْترِسُ الحَشَراتِ وبعضَ صغارِ الحيَوانات؛ وهي تَنْتَظِرُ مُرورَها مُسْتَكِنَّةً تمامًا. وبَعْضُها يَستَخْدِمُ اللِّسانَ الطويلَ الدَّبِقَ في قَنْصِ فرائسِه.

تُصدِرُ ذُكورُ الضفادعِ نَقيقًا مُمَيَّزًا لِاجتِذابِ الإناثِ خِلالَ



◄ السَّمَنْدَلُ المكسيكيُّ (الأَجْزولُوتِل) حيوانٌ غريبٌ – فهو لا يُكْمِلُ مَراحِلَ نُمُوِّه، بَلْ يَسْتَمِرُّ في المَرْحَلةِ الشُّرْغوفيَّة، بخياشيمَ مُكْتَمِلةٍ، طَوالَ حياتِه. حتَّى إنَّ هذه السَّمادلَ تتوالدُ أيضًا كشَراغيف.



بعضُ العَلاجيمِ والضفادِعِ ذاتُ لسانٍ طويلٍ يَنْتَهي برأسٍ دَبِقٍ تُطْلِقهُ لِقَنْصِ فريسةٍ حَشَريَّةٍ غافِلة.

دورةُ حَياةِ البَرْمائيَّات (القَوازِب)

تَبْدأُ الدَّورةُ الحياتيَّةُ للضِّفْدعِ الشَّائعِ بعدَ تَزاوُجِ ذَكَرٍ وأُنْثى. وتَتَنافَسُ ذُكورُ الضَّفادعِ بِشِدَّةٍ للتزاوُجِ مع الإناث – فَيُطْلِقُ الكثيرُ منها صَرَخاتٍ عاليةً لِاجتذابِ الإناثِ وصَدِّ الذُّكورِ المُنافِسة. تَسْرَأُ الأُنْثى كُتَلًا من البُيوض تُخْصَبُ عادةً خارجيًّا. وبَعْدَ حَوالى عَشَرةِ أيَّام، تَفْقِسُ البُيوضُ عن شَراغيفَ ذاتِ خَياشيمَ تَعيشُ وتَغْتذي في الماء. ثُمَّ تُنْمي الشَّراغيفُ لاحِقًا رِجْلَيْنِ خلفيَّتَيْنِ، ثُمَّ رِجْلَيْنِ أماميَّتين ويَنْكَمِشُ الذَّيل. وأخيرًا، بعدَ نُشوءِ الرِّئتَيْنِ في الكائنِ البالغِ، يَصعَدُ الضفدعُ من الماء جاهِدًا للبَحْثِ عن طَعامٍ على البَرِّ الجافّ.



2 بعدَ حوالى عَشَرةِ أيَّام تَفْقِسُ البُيوضُ عن شَراغيفَ ذاتِ خياشيم.

3 الرِّجْلانِ الخَلْفيَّتان تَنْمُوان أوَّلًا.

4 الرِّئتان والأرجُل تَنْمُو والذَّيْلُ يَنكَمِش.

5 عندَ اكتمالِ نُمُوِّ الرِّئتَيْن، يَسْتطيعُ الضفدعُ البالغُ مُغادَرةَ الماء.

مَوسِمِ التزاوُج. وهي تُحقِّقُ ذلك بِدَفْعِ الهواءِ عَبْرَ حِبالِها الصَّوتيَّة. والضفادعُ الأعلى نَقيقًا لها كيسٌ صَوتيٌّ نَفوخٌ يَتَنَفَّخُ بالهواءِ كالبالون.

من البَيْضة إلى الضِّفْدعِ البالغ

مَوسِمُ التزاوُجِ لَدى البَرمائيَّات حَدَثٌ اهتياجيٌّ في الغالِب تَتَجمَّعُ فيه الذُكورُ والإناثُ بأعدادٍ كبيرةٍ. وبعدَ أنْ تُخْصَبَ البُيوضُ، لا تُبْدي مُعظمُ البَرمائيَّات اهتِمامًا والِديًّا بصِغارِها.

لكِنَّ بعضَ البَرْمائيَّاتِ تَتَّخِذُ إجراءاتٍ وِقائيَّةً لحِمايةِ بُيوضِها. فمَثَلًا تلْتَفُّ الضفادعُ الثُّعبانيَّةُ حولَ البُيوض داخِلَ جُحورِها. وتَفْقِسُ صغارُ العَلاجيمِ السُّورينامِيَّة من بُيوضٍ مُغَلَّفةٍ في جُيوبٍ صَغيرةٍ سَطحيَّةٍ على جِلْدِ الأُمّ. ويَرْبِطُ ذَكَرُ العلاجيمِ المُولِّدةِ البَتْراءِ خَيْطَ بُيوضِ الأُنْثى على رِجلَيْهِ الخَلْفيَّتَيْن ويَحمِلُها حيثُما يذْهَبُ لِمدَّةِ ثلاثةِ أسابيعَ تقريبًا حتَّى تَفْقِس.

البَرْمائيَّاتُ الكُبْرى، كالسَّمَنْدلِ الصِّينيِّ العِملاق (الذي يَبْلُغُ طولُه 1,8 م) وعُلجومُ القَصَب، قليلةُ الأعداء. أمَّا الأنواعُ الأصغَرُ فتعتَمِدُ على التَّمْويهِ والهَرَبِ تَجَنُّبًا للضَّواري. ونَحْتَمي بعضُ البَرْمائيَّاتِ الأُخرى بألوانِها الزَّاهِية.

الضفادِعُ السَّامَّة

الألوانُ المُفْزِعةُ لِضَفادعِ السُّمِّ النَّبْليَّةِ الصغيرة في أمريكا الجَنوبيَّة، تَخْدُم كعَلاماتٍ تَحذيريَّةٍ للمُفترساتِ المُحْتَمَلة. وهذه الضفادِعُ شَديدةُ السُّمِّيَّة؛ فضِفْدعُ السُّمِّ النَّبْليُّ الذهبيُّ الكولومبيُّ، مثلًا، يَحْوي من **السُّمِّ** في جِسْمِه ما يكفي لِقَتْلِ حوالى 1000 شَخْص.



ضِفدعُ أمريكا الشماليَّة الكبير قد يَبْلُغُ طولُه 20 سم، ويَشْتَهِرُ بنَقيقِه العالي في مَوسمِ التزاوُج.



الضفادِعُ الطيَّارةُ تَنْشُرُ أقدامَها المُكَفَّفةَ كمِظَلَّاتِ هُبوطٍ عندما تَقْفِز.



الألوانُ الزَّاهِيةُ لضِفْدعِ السُّمِّ النَّبْليِّ، في أمريكا الجَنوبيَّة، تُحَذِّرُ المُفْتَرِساتِ المُحْتَمَلةَ من سُمِّيَّتِه.





سَمَنْدلُ النَّار، كَسائرِ البَرْمائيَّات، ذو غُدَدٍ غَرويَّةِ الإفراز تَقَعُ تحتَ سَطْحِ الجِلْدِ مُباشَرةً. هذه المادَّةُ الغَرَويَّةُ تُسْهِمُ في إبقاءِ جِسْمِ السَّمَنْدلِ رَطْبًا، وتُوَفِّرُ له أيضًا دِفاعًا كيماويًّا ضِدَّ المُفْتَرِسات. كذلك فإنَّ الألوانَ الزَّاهيةَ لِسَمَنْدلِ النارِ تُحَذِّرُ الحيَواناتِ الأُخرى من سُمِّيَّتِه. وكان بعضُ الناس في ما مَضى يَعْتَقِدون أنَّ السَّمادِلَ تَستطيعُ العَيْشَ في النَّار.

غُددٌ خاصَّةٌ تَحْوي سُمَّ السَّمَنْدل

يَنِزُّ السُّمُّ من مَسامَّ جِلديَّةٍ عندما يُهاجَمُ السَّمَنْدل

أُنْظُر أيضًا

الزَّواحِف ص 82 – 83

التناسُل الحيَوانيّ ص 88 – 89

التهايُؤ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

الزَّواحِف

الزَّواحِفُ حيواناتٌ من ذواتِ الدَّمِ البارِد - أي تتغيَّرُ درجةُ حرارة جِسْمِها تَبعًا لِلوسَط الذي تُوجَدُ فيه. وهي تعيشُ في المُناخاتِ الدَّافِئة، وتتميَّزُ بجِلْدِها الحَرْشَفيِّ الجافِّ وتتنَفَّسُ برئتَيْن. وتَضَعُ مُعظمُ الزَّواحِفِ بُيوضًا جِلدِيَّةَ القِشْرة.

تَقْضي اللَّجَأَةُ (السَّلاحِفُ البَحْريَّة) مُعظمَ السَّنة في البِحار أو المُحيطات. لكِنَّ الأُنْثى تَتْرُكُ مَثْواها البَحريَّ مَرَّةً في السَّنة لِتَضَعَ بُيوضَها.



1 تَقْصِدُ الأُنْثى شاطئًا رَمْليًّا جارَّةً نَفْسَها عَبْرَه مُسْتَخْدِمةً زَعانِفَها المِجْدافيَّةَ كأرجُل.



2 تَحْفِرُ اللجأةُ حُفْرةً ضَحْلةً، فوقَ مُسْتَوى أقْصى المَدِّ، تَضَعُ فيها بُيوضَها. ثُمَّ تُغَطّيها بالرَّمْل، وتَعودُ إلى البَحْر حتَّى موسمِ البَيْضِ التالي.



3 بعدَ فَتْرةٍ قَصيرةٍ من التطَوُّر، تَخْرُجُ الفِراخُ من أَغْلِفتِها القِشْريَّة، وتَشُقُّ طريقَها عَبْرَ رَمْل الحُفْرة.



4 أخيرًا، تُسْرِعُ فِراخُ السَّلاحِفِ نحو الماء - ويَقَعُ الكثيرُ من هذه السُّلَيْحفاتِ فَريسةً لِلضَّواري ويُقَدَّرُ ما يَبْقَى منها حتَّى مَرْحلةِ البُلوغ حوالى 1% فقط.

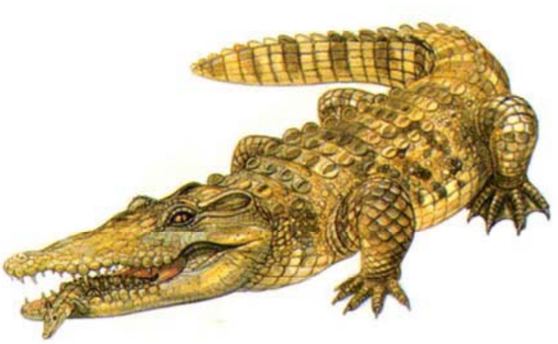
على مَدى أكثَرَ من 150 مِليون سَنة، كانتِ الزَّواحِفُ هي السائدةُ بين الأَشْكالِ الحياتيَّة على الأرض. وكانتِ الدَّيْنوصوراتُ أشْهَرَها. كانتْ هنالك أشكالٌ كثيرةٌ أُخرى، شَمَلتِ التِّيروصورات الطيَّارة والپلِسْيُوصورات (شِبْه العَظايا) المُحيطيَّة والإكْثِيُوصورات (شِبه الدُّلفينيَّة).

هنالك، حاليًّا، أربعُ رُتَبٍ رئيسيَّةٍ من الزَّواحف: هي (1) التِّمْساحيَّاتُ (حوالى 25 نوعًا)، و(2) السُّلَحْفيَّاتُ (حوالى 250 نوعًا)، و(3) الحيَّاتُ (حوالى 2700 نوع) والعَظايا (أكثَرُ من 3750 نوعًا). أمَّا الرُّتْبةُ الرابعةُ فتَضُمُّ نوعًا واحدًا فقَط، هو نوعُ التُّوواتارا (شِبه الإغْوانا) صَفراويَّة الشَّوك التي تعيشُ في نُيوزيلندا.

العَيْشُ على البَرّ

مُعظَمُ الزَّواحِفِ تُجيدُ السِّباحة، وبَعْضُها، كاللَّجَآت البَحْريَّة وسَلاحِفِ المياه العَذْبة، تَقْضي مُعظَمَ حياتِها في الماء. لكِنَّ الزَّواحفَ، خِلافًا لِمُعظَمِ البَرْمائيَّات (القوازِب) تَضَعُ بُيوضَها على البَرّ. وهذه البُيوضُ ذاتُ القُشورِ الجِلْديَّةِ المَتينةِ تَمْنَعُ تَجْفافَ الأجِنَّةِ بداخِلها.

الزَّواحِفُ إجمالًا ذاتُ جِلْدٍ حَرْشَفيٍّ جافٍّ؛ والكثيرُ منها رَشيقٌ سَريعُ الحَرَكة، والحيَّاتُ أسْرَعُها. تُعْتَبَرُ الزَّواحِفُ حيَواناتٍ بارِدةَ الدَّم. لكِنَّ هذا مُصطلحٌ مُضَلِّلٌ؛ فرُغْمَ أنَّ أجْسامَ الزَّواحف تَدْفأُ في شَعِّ الشَّمْسِ ويَقِلُّ نَشاطُها في الطَّقْس البارد، فإنَّ للزَّواحِفِ آليَّةً تُنَظِّم دَرجاتِ الحرارة. ويَسْعى العلماءُ لاكتِشافِ كيفيَّةِ عَملِ هذه الآليَّة.



التَّماسيحُ ذاتُ فكَّيْنِ ضَخْمَين تقبضُ بهما فرائسَها بعُنْفٍ؛ لكِنَّها تَلْتَقِطُ بهِما صغارَها بِرِقَّةٍ مُدهِشة.

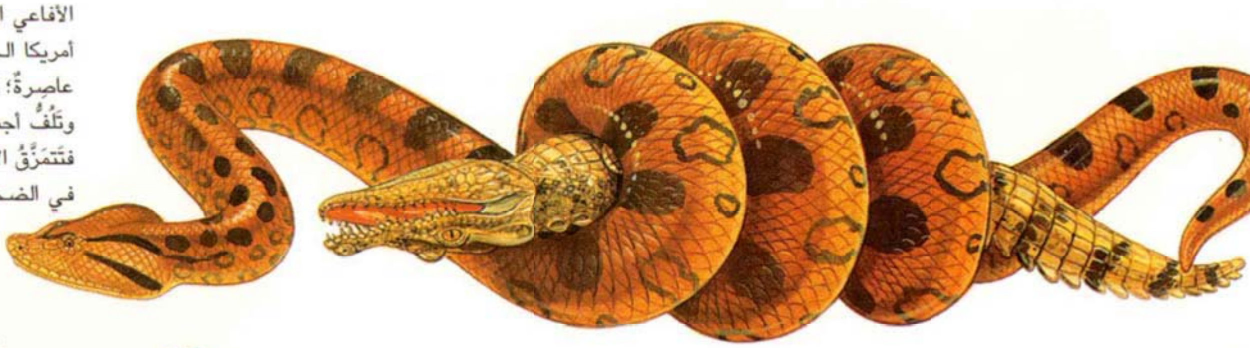
التِّمْساحيَّات

التَّماسيحُ عامَّةً وأقارِبُها التَّماسيحُ الأمريكيَّة، كالقاطُور والكَيْمَن والغارْيال (التِّمساح الهنديّ)، تُعْرَفُ إجمالًا بالتِّمْساحيَّات. وهي لَواحِمُ ضَخْمَةٌ ذاتُ فكَّيْنِ قَوِيَّيْن وأذْيالٍ فائقةِ القُوَّة. وهي تتواجَدُ إمّا مُسْتَلقيةً تَتشَمَّسُ على ضِفافِ الأنهار أو تَبْقى غاطِسةً تقريبًا في الماء، لا يَظْهَرُ منها سِوى العَيْنَيْن والمِنْخرَيْن. تَعْتني التِّمْساحيَّاتُ بصِغارِها. فأُنْثى التِّمْساح تَضَعُ بُيوضَها في الرِّمال أو في عُشٍّ نَباتيٍّ وتَحْرُسُ صِغارَها الحديثةَ التَّفْريخ بِضَراوة.



مُمَيِّزاتُ العَظايا

تؤلِّفُ العَظايا أكبرَ مَجْموعةٍ من طائفةِ الزَّواحف؛ وتَضُمُّ حوالى 3700 نوعٍ بأشكالٍ وحُجوم هائلةِ التَّنَوُّع. وهي تَتَراوحُ قَدًّا بين الحِرْباءِ الجَذْمَةِ الذَّيْل التي لا يَتعَدَّى طُولُها 4 سم وبينَ تِنِّين كُومُودو الذي يبلُغُ طولُه 3 م. وتَشْتَرِك العَظايا في عَدَدٍ من المُمَيِّزات؛ فالكثيرُ منها ذو جِلْدٍ قَرْنيٍّ جَافٍّ مُطوًّى إلى حراشِفَ لِلحِماية. وهذه الحراشِفُ قد تكونُ خَشِنةً أو مَلْساءَ، مُتَراكِبةً أو مُفْردةً. وأنواعٌ كثيرةٌ منها أيضًا ذاتُ غُدَّتَيْن تُسَمَّيان عُضْوَي جاكُبْسُون تُسْتَخْدمان لِاسْتِبانةِ الرَّوائح. ولِمُعظمِ الأنواع أربعةُ أَطْرافٍ (رِجْلانِ أماميَّتان ورِجْلانِ خَلْفيَّتان) قويَّة. وهي، نتيجةً لذلك، عدَّاءاتٌ ومُتسَلِّقاتٌ نَشِطةٌ، ومُجْتَحِرات (تحفِرُ جُحورًا). والعَظايا ذاتُ رأسٍ كبيرٍ وجَفْنَيْن وعَيْنَيْن مُتَقدِّمةِ التطوُّر. وهي تقبضُ الطَّعامَ، نَباتًا أو حيَوانًا، بِفَكَّيْها القَوِيَّيْن. ولِلكثيرِ من العَظايا أذْيالٌ طويلةٌ - تَجْعَلُ منها هَدَفًا مُغْرِيًا للمُفْترِساتِ المُطارِدة التي غالِبًا ما لا تَحصُلُ على شيءٍ إلَّا الذَّيْلَ الذي يَنْقَصِمُ بسُهولة، فيَنْشغِلُ به المُفْتَرِسُ - وتَفِرُّ العَظايةُ سالِمةً وتُنْمي ذَيْلًا جَديدًا.



الأفاعي الضَّخْمَةُ، كالأناكُنْدا في أمريكا الجنوبيَّة، هي ثَعابينُ عاصِرةٌ؛ تَقْبِضُ فَرائسَها بأنيابِها وتَلُفُّ أجسامَها بقُوَّةٍ حَوْلَها. فتَتَمَزَّقُ الأوعيَةُ الدَّمويَّةُ الرئيسيَّةُ في الضحيَّةِ وتَموتُ خَنْقًا.

اللَّجَآتُ والسَّلاحِف

اللَّجَآتُ (السَّلاحِفُ البَحْريَّة) والسَّلاحِفُ البَرِّيَّةُ مَحْمِيَّةٌ بذَبْلٍ (جِلْدٍ صَلْد) لا يَكْشِفُ منها سِوى الرَّأسِ والأَرْجُلِ والذَّيْل. وتُخْفي السُّلَحْفاةُ رأسَها داخلَ الذَّبْلِ عندما تَشْعُرُ بالخَطَر. واللَّجَآتُ سَبّاحاتٌ سَريعةٌ لكنَّها بطيئةٌ شِبْهُ عاجِزةٍ عندما تَقْصِدُ الشاطِئَ لِتَضَعَ بُيوضَها في الرَّمْل.

الحَيّاتُ والعَظايا

تَتنَقَّلُ الحيّاتُ بالتَمَعُّجِ والتَّلَوّي. ومُعظمُ أنواعِها تَتواجَدُ في الصَّحاري وفي الغاباتِ المَداريَّة؛ لكِنَّ بَعْضَها يَعيشُ في المُحيطات والبِحار.

الحَيّاتُ أو الأَفاعي حيَواناتٌ لاحِمةٌ، تَغْتَذي باللَّحْم فقَط. وهي تَتَبَيَّنُ فرائسَها بالشَّمِّ، مُسْتَخْدِمةً لِسانًا رَجْراجًا «تَتذَوَّقُ» به الهواءَ، أو أعضاءَ خاصَّةً حسَّاسةً للحرارة. الأَفاعي السّامةُ تَسْتَطيعُ العَضَّ حالَما تَفُقُّ من بُيوضِها. الأَصْلالُ (ج. صِلّ) والجُلْجُلِيّاتُ (ذَواتُ الأَجراس) لها نابا سُمٍّ طَويلان – وهذان النّابانِ في النّاشِراتِ (الكُوبْرا) والحَيّات البَحْريَّة أَقْصَر.

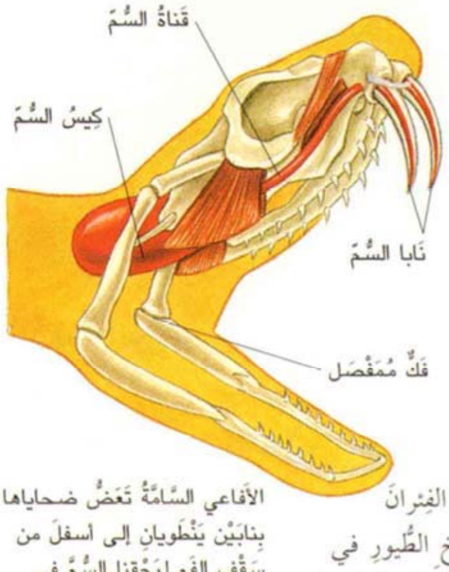
الكثيرُ من الأفاعي غيرُ سامَّةٍ. وهي تَقْتُلُ فرائسَها بالعَضِّ فقط، أو بالهَصْرِ والخَنْقِ كما البُوا والأَناكُنْدا (الأَصَلِيّات) التي تلفُّ جِسْمَها حولَ الضحيَّةِ وتَقْتُلُها هَصْرًا بين لَيّاتِها.

وباستِثْناءِ الدِّيدان البَطيئة، فإنَّ مُعظمَ العَظايا ذاتُ أرجُلٍ؛ ولِبَعْضها نُتوءاتٌ عظميَّةٌ شَوكيَّة، كالشَّيطانِ الأُستراليِّ الشّائك؛ وبَعْضُها الآخَرُ سامٌّ، كمِسْخِ هِيلا في أمريكا الشَّماليَّة. بعضُ العَظايا والأفاعي وَلُودٌ تَحتفِظُ بالبُيوضِ في جِسْمِها حتَّى تَفْقِس؛ لكِنَّ مُعْظَمها بَيُوض.

الاغْتِذاء

يَغْتَذي الكثيرُ من الزَّواحِفِ بالحَشَراتِ واللَّبُوناتِ الصَّغيرة. وبَعْضُ الأفاعي تَتعَقَّبُ الفِئرانَ في جُحورِها أو تَتَسَلَّقُ الأَشجارَ لالتِهامِ فِراخِ الطُّيورِ في أَعشاشِها. والعَظايَةُ الصَّغيرةُ، المُسَمَّاةُ الوَزَغَةَ (أبو بُرَيْص) مُزَوَّدةٌ بلَيْناتٍ سَفّاطةٍ على أقدامِها تُمَكِّنُها من العَدْوِ على السُّقوفِ المُسَطَّحةِ للمَنازل لِقَنْصِ الحَشَرات. والحِرْباء تَنْتَقِلُ بِبُطْء، مُمْتَشِقةً لِسانًا طويلًا دَبِقًا لِقَنْصِ وَجْبَتِها التالية.

أَضْخَمُ العَظايا على الإطلاق هو تِنِّينُ كُومُودو الذي يبلُغُ طولُه 3 أمتار ويَسْتوطِنُ جَزيرةَ كُومُودو في إنْدونيسيا. وهو يَغْتَذي بما يتصيَّدُه من الأيايِلِ والخَنازيرِ البَرِّيَّة الصَّغيرة.



الأَفاعي السّامَّةُ تَعَضُّ ضحاياها بنابَيْن يَنْطَويانِ إلى أسفلَ من سَقْفِ الفَمِ ليَحْقِنا السُّمَّ في جسَدِ الضحيَّةِ من كِيسٍ في مُؤَخَّرةِ الرَّأس.



سُلَحْفاةُ جُزُرِ أَلْدابْرا العِملاقةُ حيوانٌ عاشِبٌ بَطيءُ الحَرَكة. وهناك سَلاحِفُ عِملاقةٌ أُخرى تَعيشُ في جُزُرِ غلاباغُوس في المُحيط الهادي.



إغوانةُ غَلاباغُوس تَسْتَطيعُ الغَوصَ حتَّى 15 مترًا تحتَ الماءِ لِتَغْتَذي بالطَّحالب والكِلْبِ والنَّباتاتِ البَحْريَّةِ الأُخرى النامِيةِ على مَقْرُبةٍ من الشاطِئِ الصَّخْرِيِّ حيثُ تَعيش.



الحِرْباءُ تُغَيِّرُ لَوْنَها لِتَنْدمِجَ في البيئةِ من حَوْلِها. وهذا التَّمَوُّهُ اللَّوْنِيُّ يُسْتَثارُ بالغَضَبِ أو الخَوْفِ أو بِتَغَيُّراتٍ في شِدَّةِ الضَّوءِ أو دَرجةِ الحرارة.

أُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الحَرَكة والتَنَقُّل ص 92
التهايُؤُ التكَيُّفيّ والدِّفاع ص 95

الطُّيُور

الطُّيورُ أكبَرُ طائفةٍ من الفَقاريَّاتِ ذواتِ الدَّم الحارّ (درجة حرارتها حوالى 41°س). تَتميَّز الطيورُ عن سائر الحيوانات بالكِساءِ الرِّيشيِّ؛ وهي ذاتُ مَناقيرَ (مَناقيدَ) مُكيَّفَةٍ حسَبَ نوعِ الطعام وطريقةِ تناوُلِه. وطَرَفاها الأماميَّان حُوِّرا إلى جناحَيْن.



جَوارحُ الطَّيرِ ذاتُ مَخالبَ خُطَّافيَّةٍ تَقْبِضُ بِها الفرائس وتَهْصِرُها.



جَواثِمُ الطُّيورِ ذاتُ إصبَعِ قَدَمٍ خلفيَّةِ الاتِّجاه تُوفِّر لها قَبْضَةً ثابِتَة.



الطُّيورُ السَّابِحةُ ذاتُ أقدامٍ مُكَفَّفَةِ الأصابع (مُتَّصِلَةٍ بوَتَرات) تستخدِمُها كمَغاديف.

▲ مُعظَمُ الطُّيورِ ذاتُ أربعِ أصابعَ قَدَميَّةٍ مُخَلَّبَة. إنَّ أقدامَ ومَخالِبَ الأنواعِ المُختلِفةِ مُهاياةٌ لِتُلائمَ أساليبَ عَيْشِها المُتَبايِنة.



طائرٌ طَنَّانٌ يُرَفْرِفُ مُستَقِرًّا في الهواءِ أمامَ زَهْرةٍ يَرْشِفُ رَحيقَها السُّكَّريَّ بلِسانِهِ الطويل.

الطُّيورُ هي أحدُ أفضلِ الأمثلةِ على المُهاياةِ التكيُّفيَّةِ في الطبيعة. فهي تَتواجَدُ في جميعِ أنحاءِ العالَم، من القَلَنسُوةِ الجليديَّةِ القُطبيَّة الجنوبيَّة الأبْرَدِ إلى أشدِّ الصَّحاري حَرًّا. وهي تَعيشُ في الهواءِ وعلى البَرِّ وفي الماءِ وعَلَيه. إنَّ القُدْرةَ على الطَّيرانِ مُتوفِّرةٌ في كثيرٍ من الحَشَرات وبعضِ الفَقاريَّات؛ لكنَّ الطَّيرانَ في الطُّيور هو الأرْقَى تَطَوُّرًا – مِمَّا أتاحَ لها الحُلولَ في كُلِّ بيئةٍ بَرِّيَّةٍ ومَكَّنَها من السَّفَر مَسافاتٍ شاسِعةً طلَبًا لِلطَّعام.

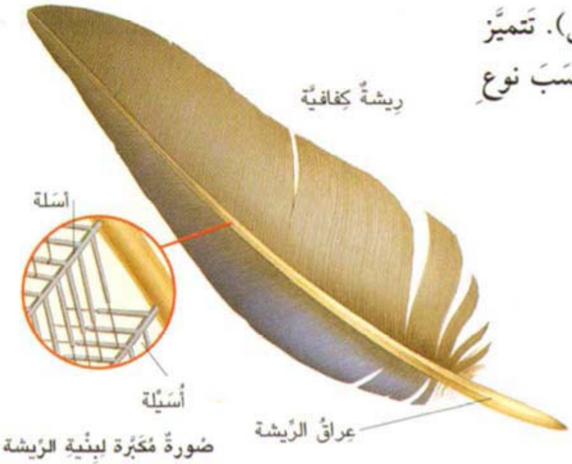
هنالك مَعالِمُ فَريدةٌ عديدةٌ مَكَّنَتِ الطُّيورَ من أنْ تُصبِحَ أسيادَ الأجواء. فهي الحيواناتُ الوَحيدةُ ذاتُ الكِساءِ الرِّيشيِّ؛ وهي ذاتُ عِظامٍ مُجَوَّفةٍ قَوِيَّةٍ وخَفيفَةٍ مُلائمة للطيران في الهواءِ وذاتُ عَضَلاتٍ صَدْريَّةٍ قويَّةٍ لإعمالِ الجَناحَيْن.

الكُسْوةُ الرِّيشيَّة

الكُسوةُ الرِّيشيَّةُ مِثاليَّةُ التَّصميمِ لِلطَّيران. فهي لا تُوَفِّرُ سَطْحًا حَركيًّا (ديناميًّا) هَوائيًّا خَفيفًا فحَسْب، بلْ أيضًا تُؤمِّنُ لِجِسْمِ الطائر عَزْلًا حَراريًّا مُمتازًا. يتألَّفُ الرِّيْشُ من مادَّةٍ بُروتينيَّةٍ تُسَمَّى القَرْنِين. وأنماطُ الرِّيش مُتَعَدِّدةٌ. فمَثلًا، الرِّيشُ الزَّغَبيُّ الناعِمُ الأقْرَبُ إلى الجِلْد يَعْزِلُ الجِسْمَ حراريًّا. أمَّا رِيشُ الطيران فهو أكبَرُ وأقسَى. وتَحْوي الكُسْوَةُ الرِّيشيَّةُ للطائر ما بين 900 وَ 000 25 ريشةٍ تَبَعًا لِنَوْعِه.

غالبًا ما تكونُ الكُسْوَةُ الرِّيشيَّةُ للطائر الذَّكَر أزهَى وأغْنى ألوانًا من ريشِ الأُنْثى. وفي مَوسِمِ التزاوُج، تَستَخْدِمُ الذكورُ هذه الكُسْوَةَ المُتَميِّزةَ لِاجتذابِ الإناث.

ولمَّا كان الطائرُ يعتَمِدُ على كُسوَتِه الرِّيشيَّةِ لِلطَّيران، فإنَّ عليه إبقاءَها في حالةٍ جيِّدة. وهو يُهَنْدِمُها عادةً مُستَخْدِمًا مِنْقارَه كالمِشْط لِتَنْظيفِ الرِّيش وتَمْسيدِه.



▲ رِيشةُ الطَّيران ذاتُ قَصَبةٍ وَسَطيَّةٍ تُسَمَّى قلَمَ أو عِراقَ الرِّيشة. وفي الصورةِ المُكبَّرة، يُمكِنُ رُؤيةُ الأسَلاتِ الخيطيَّةِ المُثَبَّتةِ في أماكِنِها بِبِنًى خُطَّافيَّةٍ تُسَمَّى أُسَيْلات.

أَصْواتُ الطُّيور

تَصيحُ الطُّيورُ أو تَصْدَحُ كجُزْءٍ من سُلوكِها التَّزاوُجيّ. وهي تَسْتَخْدِمُ صَيحاتٍ مُعيَّنَةً لِاجتِذابِ القَرين أو لِتَحْذيرِ ذُكورٍ أُخرى من تَجاوُزِ حُدودِ مَواطِنِها. وتَصْدُرُ هذه الأَصْواتُ عن المِصْداح، وهو عُضْوٌ فريدٌ في الطُّيور مُتَموضِعٌ في أسفلِ الرُّغامَى (القَصبةِ الهوائيَّة). يَحوي المِصْداحُ أغشِيَةً مَرِنةً تَتذَبْذَبُ عندما يُزْفَرُ الهواءُ من الرِّئتَيْن. كما إنَّ تغَيُّراتٍ في توَتُّرِ هذه الأغْشيةِ تُعدِّلُ طَبَقةَ صوتِ الصَّيحةِ أو الأُغْرودة.

الأَعشاشُ والبُيوض

تَفْقِسُ فِراخُ الطُّيورِ على اختِلافِها من بُيوض. والبَيْضةُ ذاتُ قِشْرةٍ صُلْبةٍ تَقي الجَنينَ بداخِلِها. معظَمُ الطُّيورِ تَضَعُ بُيوضَها في أعشاشٍ تَبْنيها بنَفْسِها؛ لكنَّ بعضَها يَضَعُ البُيوضَ على الأرض مُباشَرةً. أمَّا الموادُّ التي تُبْنَى منها الأعْشاشُ فتُختارُ عادةً من موادَّ تَنْدَمِجُ شَكْلًا مع البيئةِ المُحيطة بحَيثُ تَبقى الصِّغارُ المُفْرَخةُ



الصَّقْرُ الجوَّالُ المُرَقَّطُ ذو ذَيْلٍ عريضٍ وجَناحَيْنِ طَويلَيْنِ تُمَكِّنه من الانسِيابِ فوقَ التيَّاراتِ الهوائيَّة. تعتَمِدُ الصُّقورُ على حِدَّةِ بَصَرِها في تحديدِ مواقعِ فرائسِها بدِقَّة.



النَّعامةُ أضخَمُ الطُّيور؛ فقد تنمُو إلى ارتفاعِ 3 أمتار وتَزِنُ حوالى 140 كغ. والنَّعامةُ لا تَستَطيعُ الطَّيران، لكنَّها تَجْري بِسُرعة 65 كم/سا. بَيْضةُ النَّعامة، وهي أكبَرُ البَيْض، تَزِنُ حوالى 1,7 كغ.



◄ يُحَدِّدُ حَجْمُ المِنْقارِ وشَكْلُهُ نوعَ الطَّعام الذي يتناوَلُه الطائر. فمِنْقارُ العَوْسَق الخُطَّافيُّ، مثلًا، يُسْتَخْدَمُ في مَزْقِ اللَّحْم، أمّا مِنْقارُ صَيّادِ المَحار المِسْباريُّ فيُسْتَخْدَمُ في تَقَصّي المَحار وفَتْحِها.

بمأمنٍ من الضَّواري. وغالِبًا ما تكونُ البُيوضُ نَفْسُها مُلَوَّنةً مِمّا يُمَوِّهُها ويُجَنِّبُها انْتِباهَ تِلكَ الضواري.

تَضَعُ بَعْضُ الطُّيورِ بَيْضةً واحدةً أو اثنَتَيْن فيما يَضَعُ بعضُها حوالَى العَشْر. وقَد تُحْضَنُ البُيوضُ بِرَخْمِ أحدِ الوالدَيْن أو كلَيْهما تَبادُليًّا حتَّى تَنْقُفَ الفِراخ.

القُدْرةُ على الطَّيران

لكي تطيرَ الطُّيورُ، تحتاجُ إلى تَوليدِ قوّةٍ عَضَليّةٍ لِخَفْقِ جَناحَيْها؛ والعَضَلاتُ الصدريَّةُ هي مَصْدرُ قُوَّةِ الدَّسْرِ تِلْك. كذلك فإنَّ مَدَدًا من الدَّم الغنيِّ التأكسُجِ ضروريٌّ لِتعملَ العَضَلاتُ بِقوَّةٍ وفَعاليَّة. ولِتَحقيق ذلك نَجَحتِ الطُّيورُ في تَطوير رِئتَيْن قَويَّتَيْن وقَلْبًا رُباعيَّ الحُجُراتِ، كقَلْبِ اللَّبُونات، لِضَمانِ حُصولِ العَضَلاتِ على مَدَدِ الأكسِجين الأقصى من الدَّم. الطُّيورُ الكبيرةُ، كالقَطارِس والنُّسور، تَسْتطيعُ خَفْقَ جَناحَيْها بِبُطءٍ، أو الانسيابَ الشِّراعيَّ مع تيّاراتِ الهواءِ الصاعِدة. أمّا الطُّيورُ الأصغَرُ فتَحْتاجُ إلى خَفْقِ الجَناحَيْن بِسُرعةٍ أشَدَّ لِتَبْقى طائرةً في الهواء.

بَعْضُ الطُّيورِ فقدَت قُدْرتَها على الطَّيران. فالنَّعامةُ تَلْجأُ إلى الفِرارِ بِسُرعةٍ لِتَنْجُوَ من أعدائها؛ والبَطاريقُ بَرَعَت في مهاراتِ السِّباحةِ والغَوْص.

الاغْتِذاء

تَغْتَذي الطُّيورُ بأطعمةٍ عاليةِ الطاقة تَشْمَلُ السَّمَكَ والثِّمارَ والحَشَراتِ والبُزُورَ والدِّيدانَ وطُيورًا أخرى. هٰذه الأطعمةُ تُوَفِّرُ للطُّيورِ طاقةً كافيةً لِلْحِفاظِ على دَرجةِ حرارةِ أجسامها ولِتَزْويدِها بالطاقةِ اللّازمةِ للطَّيران. والطُّيورُ عادةً تتجَنَّبُ الأطعِمةَ الخَفيفةَ الطاقةِ كالأعْشاب.

كَواسِرُ الطَّيْر لَعلَّها أشَدُّ ضَواري الطُّيور ثَباتًا وعَزْمًا؛ والأسْرعُ بَيْنَها هو الصَّقْرُ (البازُ) الجَوّال، الذي يَنْقَضُّ عَبْرَ الهواءِ بِسُرعةٍ قد تبلُغ 300 كم/سا. أمّا النُّسورُ فهي طُيورٌ قَمّامةٌ تَطيرُ عاليًا بَحثًا عن جُثَّةِ حيوان – وما إن تَجِدَها حتَّى تَنْحَدرَ إليها انسيابًا لِتَجْرُدَ ما تَبقَّى من لَحْمٍ على عِظامِها.


المُرعَةُ (أُنثى الزَّقْزاق) تَضَعُ بُيوضَها على الأرض في حُفْرةٍ ضَحْلة.


طيورُ الماء، كالطائرِ الغَطّاس، تَبْني أعشاشَها على البُحَيْراتِ والجَداولِ والأنهار أو بجانبها.


الخطاطيفُ (طيورُ السُّنونو) تَبْني أعشاشًا طينيَّةً مُلْصَقةً بِجُدرانِ المَباني ورَوافِدِها.


أبو الحِنّاء الأمريكيُّ يَسْتَخْدِمُ العَساليجَ والأعشابَ في بناءِ عُشٍّ فِنْجانيِّ الشَّكْل.

▲ قد تكونُ أعشاشُ الطُّيورِ نَبْشةً أو حُفْرةً ضَحْلةً في الأرض، أو بِنْيةً لَطيفةً من الطِّين أو الموادِّ النباتيَّة واللُّعاب.


◄ الطائرُ القيثاريُّ الأُستراليُّ يَعْرِضُ ريشاتِ ذَيْلِه الطويلة لاجْتِذابِ أُنثاه. كثيرٌ من ذُكورِ الطَّير تقومُ بِعُروضٍ استِجْذابيَّةٍ خِلالَ مَوسِمِ التزاوُج.


◄ عُقابُ أميركا الشماليَّة الأبيضُ الرَّأس يَصْطادُ سَمَكةً باخْتِطافِها من الماءِ بِقَدَمَيْه المِخْلَبيَّتَيْن. العُقبانُ هي إحدى أكبَرِ الطُّيورِ الجَوارحِ التي تَقْبِضُ فرائسَها بِمَخالِبها، وتُمَزِّقُ اللَّحْمَ قِطَعًا بِمَناقيرِها الخُطّافيَّة.

أُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الحَرَكة والتَّنَقُّل ص 92
الهِجْرة ص 93
التهايُؤ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

اللَّبُونات (الثَّدْيِيَّات)

اللَّبُوناتُ (الثَّدْيِيَّاتُ) حيَواناتٌ فَقارِيَّةٌ من ذواتِ الدَّمِ الحارِّ - تَبْقى درجةُ حرارتِها ثابتةً ولو تغَيَّرت دَرجةُ حرارةِ البيئةِ حواليها. وهي تُرضِعُ صِغارَها لَبَنًا من غُدَدٍ ثَدْيِيَّةٍ لَدى الأُمِّ. بعضُ أنواعِ اللَّبُونات هي أذكَى الكائناتِ على الأرض.



البُونُوبُو (أو الشِّمپانْزِي القَزَميُّ) البالغ من زائير، كما البَشَر، يَنْتمي إلى فئةِ اللَّبونات العُلْيا (رُتْبَة الرَّئيسات). وتُعْتَبَرُ الرَّئيساتُ أذكى الحيوانات، ودماغُها هو الأكبَرُ تعقيدًا بينَ كُلِّ الحيَوانات.

اللَّبُوناتُ مَجْموعةُ كائناتٍ فائقةِ التنَوُّع تَسْتوطِنُ تقريبًا كُلَّ أنواعِ المواطنِ البيئيَّةِ على الأرض. فهي تعيشُ على البَرِّ في المُناخاتِ الحارَّةِ أو الباردةِ، وفي البِحارِ والمُحيطات، وتَستطيعُ إحدى فَصائلها (الخُفَّاشيَّات) الطَّيران.

اللَّبُوناتُ حيواناتٌ ثابتةُ درجةِ الحرارة. وهي غالبًا ذاتُ إهابٍ جِلديٍّ يَكسُوه الفَرْو أو الشَّعْر. وهكذا فإنَّ جميعَ أنواعِ الثَّدْيِيَّاتِ تَسْتطيعُ الحِفاظَ على دَرجةِ حرارةِ أجسامِها بالتعَرُّقِ واللُّهاثِ في الطَّقسِ الحارِّ، وبالإرْتجافِ في الطَّقسِ البارِد.

مَجْموعاتُ الثَّدْيِيَّات

ظهرَتِ الثَّدْيِيَّاتُ الأُولى في وقتٍ مُتأخِّرٍ على الجَدْوَلِ الزَّمنيِّ للتَّطَوُّر. ففي عَصْرِ الدَّيْنوصورات، منذُ حوالى 150 مِليون سَنة، كان هنالك ثَدْيِيَّاتٌ، لكِنَّها كانت صغيرةَ الحَجْم شَبيهةً بالزَّباباتِ والسَّناجيبِ والغُرَيْراتِ الحاليَّة. وبانقِراضِ الدَّيْنوصورات منذُ حوالى 60 مليون سَنة أصبَحت الثَّدْيِيَّاتُ هي الفَقاريَّاتُ المُهَيْمِنةُ على الأرض.

تتألَّفُ طائفةُ الثَّدْيِيَّات من ثلاثِ طُوَيْئفاتٍ رَئيسيَّة: أُولاها طُوَيْئفةُ وَحيداتِ المَسْلَك - أكثرُ هذه المَجْموعات بِدائيَّةً - وهي بَيُوضَةٌ كالزَّواحِفِ والطُّيور. ولم يَبْقَ منها اليومَ سِوى نَوْعين هما خُلْدُ الماء (البلاتيپوس) وقُنْفُذ النَّمْل.



جَميعُ الحيَواناتِ التي تَنْتَمي إلى طائفةِ اللَّبُونات هي كائناتٌ من ذواتِ الدَّمِ الحارِّ؛ وهي ذاتُ كِساءٍ من الشَّعْر. ومن بينها أكثَرُ الحيَواناتِ ذكاءً وسُرعةً وضخامةً على الأرض.

الجرابيَّات

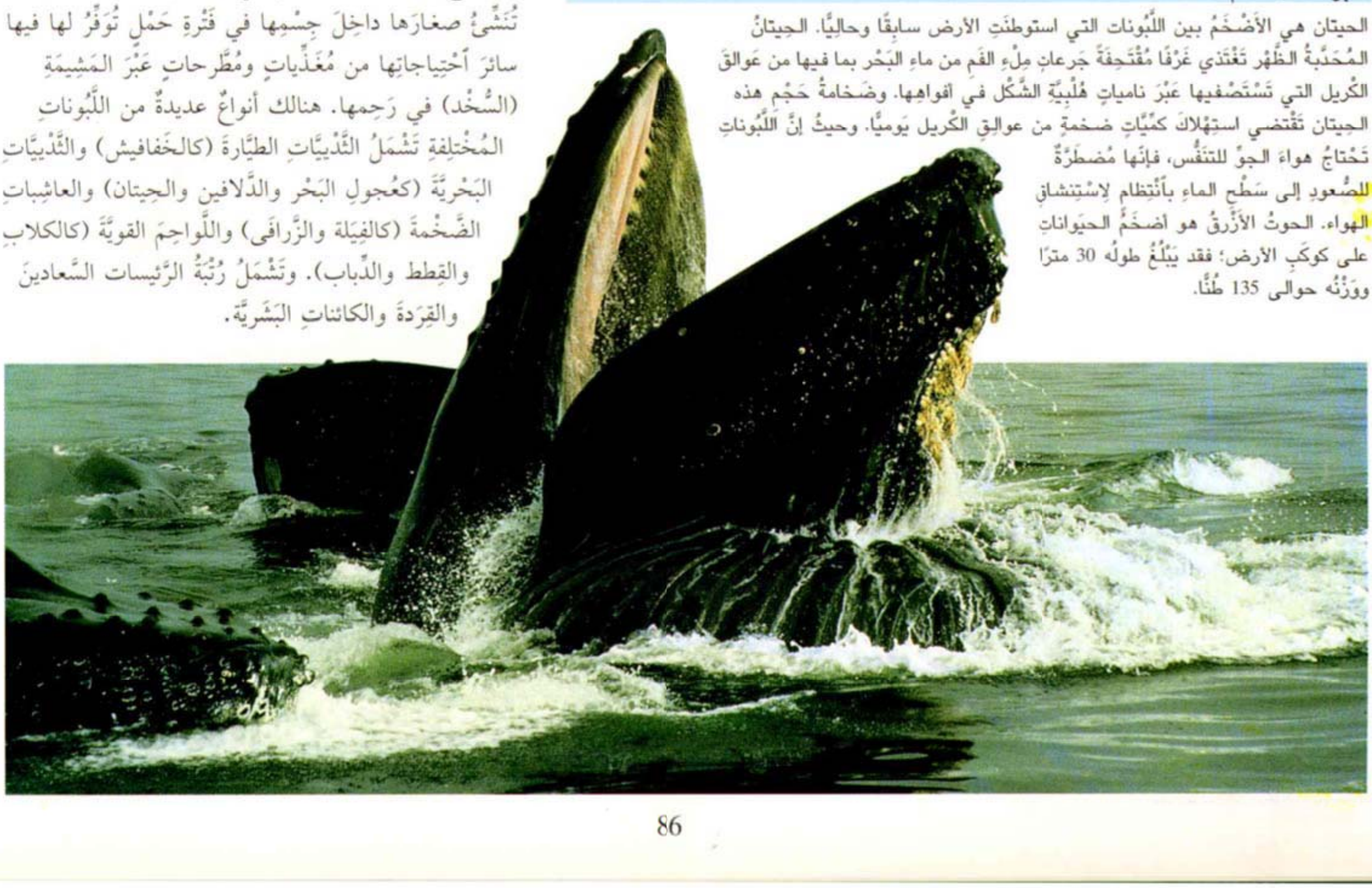
رُغْمَ أنَّ الجرابيَّاتِ تَلِدُ صِغارَها حيَّةً، فإنَّ الصِّغارَ الوليدةَ تكونُ في وَضْعٍ غيرِ مُكْتَمِل. لذا تَبْقى الصِّغارُ في جِرابِ الأُمِّ وتَغْتَذي بِلَبَنِها، من الحلَماتِ في الجِراب، حتّى يَكْتمِلَ نُمُوُّها. ولَعلَّ الكَنْغَرَ هو أشهَرُ هذه الحيَوانات الجِرابيَّةِ التي تَسْتوطِنُ مُعظَمُ أنواعها أستراليا ونيُوزيلندا.

اللَّبُوناتُ العُلْيا

اللَّبُوناتُ المَشيميَّةُ هي أكثَرُ المَجْموعاتِ تَقدُّمًا. ويُشيرُ مُصْطلَحُ مَشيميَّة إلى حَقيقةٍ هي أنَّ أُنثى هذه المَجْموعة تُنَشِّئُ صغارَها داخِلَ جِسْمِها في فَتْرةِ حَمْلٍ تُوَفِّرُ لها فيها سائرَ احْتِياجاتِها من مُغَذِّياتٍ ومُطَّرِحاتٍ عَبْرَ المَشيمَةِ (السُّخْد) في رَحِمِها. هنالك أنواعٌ عديدةٌ من اللَّبُوناتِ المُخْتلِفةِ تَشْمَلُ الثَّدْيِيَّاتِ الطَّيَّارةَ (كالخَفافيش) والثَّدْيِيَّاتِ البَحْريَّةَ (كعُجولِ البَحْرِ والدَّلافينِ والحِيتان) والعاشِباتِ الضَّخْمةَ (كالفِيَلة والزَّرافَى) واللَّواحِمَ القويَّةَ (كالكلابِ والقِطط والذِّئاب). وتَشْمَلُ رُتْبَةُ الرَّئيسات السَّعادينَ والقِرَدةَ والكائناتِ البَشَرِيَّة.

اللَّبُوناتُ الأَضْخَم

الحيتان هي الأَضْخَمُ بينَ اللَّبُونات التي استوطنَتِ الأرض سابِقًا وحالِيًّا. الحِيتانُ المُحَدَّبةُ الظَّهْر تَغْتَذي غَرْفًا مُقْتَحِفَةً جَرعاتٍ مِلْءِ الفَمِ من ماءِ البَحْر بما فيها من عَوالِقَ الكْريل التي تَسْتَصْفيها عَبْرَ ناميات هُلْبِيَّةِ الشَّكْل في أفواهِها. وضَخامةُ حَجْمِ هذه الحِيتان تَقْتَضي استِهْلاكَ كمِّيَّاتٍ ضخمةٍ من عوالِقِ الكْريل يَوميًّا. وحيثُ إنَّ اللَّبُوناتِ تَحْتاجُ هواءَ الجوِّ للتنَفُّس، فإنَّها مُضطَرَّةٌ للصُّعودِ إلى سَطْحِ الماءِ بانْتِظام لِاسْتِنشاقِ الهواء. الحوتُ الأَزْرَقُ هو أضخَمُ الحيَواناتِ على كوكَبِ الأرض؛ فقد يَبْلُغُ طولُه 30 مترًا ووَزْنُه حوالى 135 طُنًّا.





اللَّبونات التي تَغْتَذي بالحَشَرات تُسَمَّى الحاشِرات. آكِلُ النَّمْلِ العِملاق في أمريكا الجنوبيَّة مُهايأٌ بمِخْلَبين قويَّيْن وخَطْم طويلٍ ولِسانٍ دَبِق تُساعِدُه على نَبْش قُرى النَّمْلِ والتِهامِ ما بِداخِلها. وكِساؤه الشَّعْريُّ الكثيف يَحْميه من لَسْع الحَشَرات.



تَحْمِلُ أُنثى الكَنْغَر وَليدَها في جِراب؛ ويَبْقى الصغيرُ في الجِراب حتَّى يَسْتَطيعَ الاعتِمادَ على نَفْسِه.

رِعايةُ الصِّغار

يُعْزَى الكثيرُ من نَجاحاتِ طائفةِ الثَّدْيِيَّات إلى الرِّعايةِ الوالديَّة التي يتلقَّاها صِغارُها - إذ هي عُمومًا الأكثَرُ عِنايةً بصِغارِها في العالَم الطبيعيّ. فالأُنثى تُغَذِّي الصِّغارَ باللَّبَن من جَسَدِها، وتَرعاها حتَّى تَسْتَطيعَ الاعتِمادَ على نفسِها. وخِلالَ هذه الفَتْرةِ، تتعَلَّمُ الصِّغارُ مَهاراتِ وأساليبَ البَقاءِ الضَّروريَّة، كالسُّلوكِ الاجتماعيِّ وطرائقِ الحُصولِ على الطعام. بَعْضُ صِغار اللَّبُونات، كالفئران، تُولَدُ عمياءَ عاجزةً عن مُساعدةِ نفسِها، فتتطلَّبُ فَتْرةً من العِنايةِ الوالديَّةِ المُكَثَّفة. وبَعضُها الآخَر، كالأيايل، تَقِفُ صِغارُه وتَركُضُ بَعْدَ وِلادتِها بِدَقائقَ مَعْدودات.

حَواسُّ اللَّبُونات

تَتَمَيَّزُ اللَّبوناتُ بِحواسَّ عاليةِ التطَوُّر أَسْهَمت أيضًا في نَجاحِها. بعضُ اللَّبوناتِ ذو عَيْنَين مُوَضَّعتَين على جانِبَي الرَّأس بحيثُ تُوفِّرُ كُلُّ عَيْنٍ مَنْظرًا مُخْتلِفًا للبيئةِ حوالَيها. وبعضُها الآخَرُ ذو إبصارٍ ثُنائيٍّ بِعَيْنينِ مُوَضَّعتَيْنِ في أماميَّة الرَّأس تَعْمَلان معًا. وهذا النَّمَطُ من الإبصارِ يُمكِّنُ الحيَوان من تَقديرِ المَسافاتِ بِدِقَّةٍ أكْثَر.

بعضُ اللَّبُونات مُهايأٌ بحواسَّ مُتخَصِّصَة، كسُونار الخَفافيش (للتَّحديد الصَّدَويّ) والزَّوائدِ الهُلْبيَّةِ البالِغة الحساسيَّةِ حولَ فَم المَناجِذ (ج. خُلْد) ولِحاسَّةِ الشَّمِّ لدى بعْض اللَّبوناتِ أهمِّيَّةٌ خاصَّةٌ. فالضِّباعُ والثعالِبُ، مثلًا، تَسْتَخْدِمُ الروائحَ لتِبيانِ حُدودِ مُسْتَوطَناتِها.



في المُناخاتِ الباردةِ تُسْبِتُ بعضُ اللَّبُونات، كالزُّغبةِ الأوروبيَّة. وهي لا تأكُلُ خِلالَ فَتْرة الإكتِنانِ الشتَويِّ هذه - بلْ تَغْتَذي بِمَخْزون الدُّهنِ في أجسامِها.



تَقْتاتُ الخَفافيشُ بالحَشَراتِ أو تَغْتَذي بالفاكهةِ ورحيقِ ولَقاحِ الأزهار. وهي اللَّبوناتُ الوَحيدةُ الطيَّارةُ حَقًّا. يتألَّفُ جَناحُ الخُفَّاش (الوَطْواط) من غِشاءٍ رَقيقٍ يَمْتَدُّ بينَ الأصابعِ والجِسْمِ والرِّجْل.

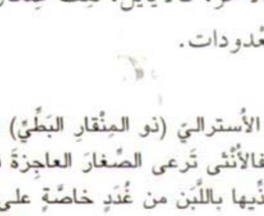
خُلْدُ الماء الأُستراليّ (ذو المِنْقارِ البَطِّيّ) هو أحدُ القِلَّةِ من اللَّبُوناتِ البَيُوضة. فالأُنثى تَرعى الصِّغارَ العاجِزةَ في جُحْرٍ، وتُغَذِّيها باللَّبَن من غُدَدٍ خاصَّةٍ على جَسَدِها.



البلاتيبوس (خُلْد الماء) الوليدُ يَلْعَقُ اللَّبَنَ النازَّ من مَسامَّ لبَنيَّةٍ على بَطْنِ الأمّ



أُنثى خُلدِ الماء (البلاتيبوس) لها مَسامُّ لَبَنيَّةٌ بَدَلًا من الحَلَمات



تَفْقِسُ البُيوضُ بعدَ 10 أيّام

أُنْظُر أيضًا

التناسُلُ الحيوانيّ ص 88 - 89
الحَرَكة والتنَقُّل ص 92
التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

التَّناسُلُ الحيَوانيّ

كُلَّما طالَتْ فترةُ بُلوغِ الحيوانِ مرحلةَ التَّناسُل يكونُ حَجْمُه أكبَرَ وعُمْرُه أطولَ. بعضُ الحيَوانات تَسْتطيعُ الإنجابَ بعدَ ساعاتٍ من وِلادتِها؛ وبعضُها لا يتِمُّ له ذلك قَبْلَ سَنَواتٍ عَديدة.



يَنْطوي التَّزاوُجُ على اختِيار القرينَيْن – الذَّكَرِ والأُنثى، وتَنْطَوي شعائرُ التوَدُّد غالبًا على سُلوكٍ مؤنَّق، كتراقُصِ طائرَي البَلَشون هٰذين. في بعض حالاتِ التزاوُج، يَبْقى القرينان، الذَّكَرُ والأُنثى، معًا مَدَى الحياة.

رُغْمَ وُجودِ أشكالٍ حياتيَّةٍ مُتنَوِّعةٍ كثيرةٍ على الأرض، فليس هناكَ سِوى بِضْعِ سُبُلٍ أساسيَّةٍ لِلتَّناسُل. فالواقِعُ أنَّ مَدى عُمرِ الحيوان يتحَدَّدُ غالبًا بِمَدى الفَترةِ الزَّمنيَّةِ التي يتوَصَّلُ فيها إلى سِنِّ البُلوغ ويَتزاوجُ ويَتناسَل. في الحيوانات، تَتَّخِذُ هذه السُّبُلُ شَكْلَين: التناسُلَ (التكاثُرَ) اللّاجِنْسيّ – حيثُ أحدُ الوالدَيْن فقَطْ يُنتِجُ الصِّغارَ كما في الإسفَنْجيَّاتِ والمَرْجانيّات، والتناسُلَ الجِنْسيَّ – حيثُ تَتَّحِدُ خليَّتانِ ذَكَريَّةٌ وأُنثويَّةٌ لِتُكَوِّنا حيَوانًا جديدًا.



يَغْتَذي الفرخُ داخِلَ بَيْضةِ الطائر بالمُحّ. ويَبْدأ الفَرْخُ بنَقْفِ بيضة الدَّجاجةِ بعدَ حَضْنِ البَيْضةِ بحوالى 21 يومًا. وخِلالَ هذه المَرْحلة، يكونُ رِيشُه ومَخالِبُه قد اكتَمَلَ نُمُوُّها.

اللَّبُوناتُ المَشيميَّة

اللَّبوناتُ يَلزَمُها الوَقْتُ الأطولُ لِبُلوغِ التناسُلِ لأنَّ معظَمَ صِغارِ اللَّبونات تَسْتَغرِقُ شُهورًا أو حتَّى سَنَواتٍ لِيكْتَمِلَ نُمُوُّها. ففي اللَّبوناتِ الأعلى (المَشيميّات)، يَتطَوَّرُ الجَنينُ داخِلَ جِسْمِ الأُمِّ مُتَّصِلًا به بواسِطةِ مُرَشِّحِ إرسالٍ واستِقْبالٍ يُسَمَّى المَشِيمَة. وتُزَوِّدُ المَشيمةُ الجَنينَ بالغذاءِ والأُكسِجينِ من دَمِ الأُمِّ وتأخُذ منه فَضلاتِ الطِّفل المُتَنَشِّي.

بعدَ الوِلادةِ يَرْضَعُ الوَليدُ لَبَنًا من الأُمِّ نَتَجَ في أثداءٍ أو غُدَدٍ ثَدْيِيَّة. هذه الغُدَدُ فَريدةٌ في اللَّبونات دونَ سائرِ الحيَوانات الأُخرى؛ ومنها اكتسَبَتِ اللَّبوناتُ اسْمَها.

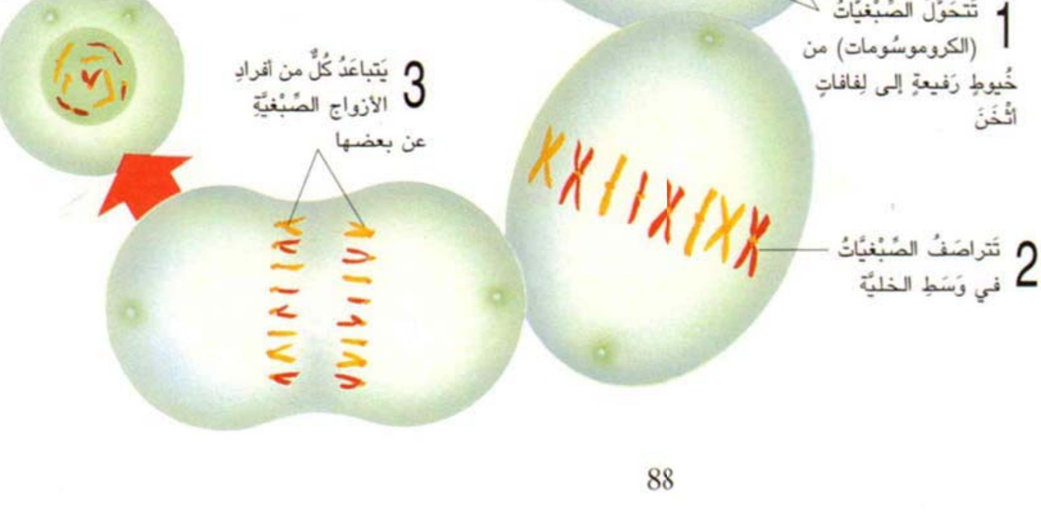
تَرْبِيَةُ الصِّغار

الطُّيورُ التي تَضَعُ حَضْنةً من البُيوضِ سَنَويًّا تُنْتِجُ صِغارًا في مدَى عُمْرِها أكثَرَ بكثيرٍ من أُنثى الفِيل، التي تَلِدُ دَغْفَلًا كُلَّ خَمْس سَنَوات – يكونُ قد قضَى حوالى سَنَتَيْنِ يَنْمو ويَتطَوَّرُ داخِلَ جِسْمِها.

تَرْبِيَةُ الصِّغار تَسْتَنفِدُ معظَمَ طاقاتِ الوالدَيْن (بخاصَّةِ الأُمّ). الدِّبابُ بطبيعتِها حيواناتٌ مُتَفَرِّدة. لِذا فإنَّ أُنثى الدُّبِّ تَحْرُسُ صِغارَها بعدَ الوِلادةِ بعِنايةٍ فائقة، كما تُدَرِّبُها على إيجادِ الطعامِ حتَّى تَتمَكَّنَ من الاعتِمادِ على أنفُسِها. وتَبْقى الدياسِمُ عادةً برِفْقَةِ الأُمِّ مُدَّةَ سَنةٍ أو سَنَتَيْن.



في التَّناسُلِ الجِنسيّ، تُخْصِبُ نُطْفةٌ من الذَّكَر الخليَّةَ البَيْضيَّةَ الأكبَرَ من الأُنثى. وفي عمليَّةِ الإخْصاب، تتضامُّ الصِّبْغيَّاتُ (الكروموسومات) في الخَليَّتَيْنِ الجِنْسيَّتَيْن الذَّكَريَّةِ والأُنثويَّةِ معًا.



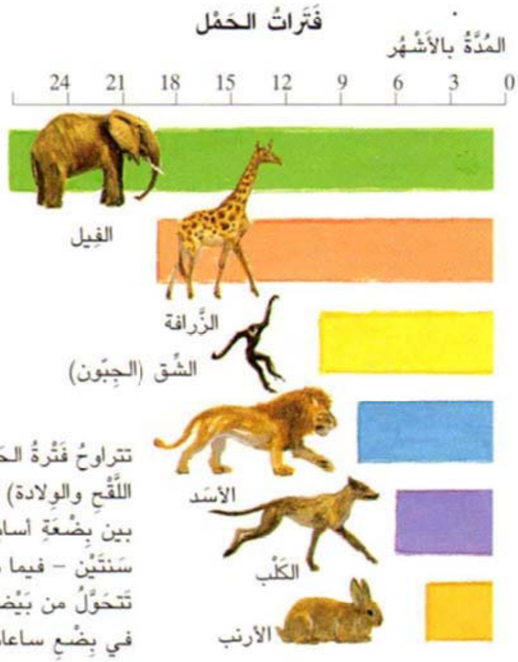


▲ يَتخَلَّقُ نَسْلُ الهَيْدرا (العُداريَّة) بالبُرْعُمةِ من أحدِ الوالدَيْن.

◄ البَيْضةُ المُخْصَبةُ هي بدايةُ حياةٍ جديدة. الخليَّةُ الأُولى تَنْقَسِمُ، والخَلايا التاليةُ تَنْقَسِمُ مرَّاتٍ عديدةً في عَمليَّةٍ تُسَمَّى الانْقِسامَ الفَتيليّ. وتاليًا تَتخَصَّصُ الخَلايا لتكوينِ أنسِجةٍ وأعْضاء.



تُكوِّنُ اللّبوناتُ ترابُطًا ملحوظًا بين القرينَيْن وضِمْن المَجْموعاتِ الأكبَر. ذُكورُ الأُسود تُسْهِمُ في تربيةِ الأشبال، وقلَّما تقومُ بأيِّ شيءٍ آخر. اللّبُؤاتُ تُرَبّي الصّغارَ وتقومُ بمُعظمِ الصَّيْدِ للمَجْموعةِ أو لِزُمْرةِ الأُسودِ عامِلةً معًا كفريق.



تتراوحُ فترةُ الحَمْل (الفترةُ بين اللّقْحِ والوِلادة) في اللّبونات بين بِضْعةِ أسابيعَ وحوالى سَنتَيْن – فيما بعضُ الحَشَرات تتحوّلُ من بَيْضةٍ إلى يَرَقانةٍ في بِضْعِ ساعاتٍ فقط.

الرِّعايةُ الوالديّةُ والتَّعلُّم

تَختلِفُ مُستوياتُ الحيوانات في الرِّعايةِ الوالديّة لِصِغارها، وتَتّخذُ أشكالًا مُتنوِّعة. فذكَرُ البِطْريق المَلكيِّ يَحْتضِنُ البَيْضةَ، وتاليًا الفَرْخَ، تحتَ سِدْلةٍ جِلْديّةٍ على قَدَمِه طَوالَ الشّتاء، حتّى قُدوم الرَّبيع القُطْبيِّ ذي الطّقْس الدافئ نِسْبيًّا. الوالِدونَ يُعلِّمونَ بالقُدْوة؛ وكُلّما ازدادَت طريقةُ عَيشِ الحَيوان تَعْقيدًا، تَزْدادُ الأشياءُ التي يَتوَجَّبُ على صِغارِه تعلُّمُها. ونَذكُر أنَّ صِغارَ البَشَر يقضُون سِنينَ عديدةً في تعلُّمِ كيفيّةِ تَدبُّرِ شؤونهم الحياتيّةِ دونَ مُساعدةِ الوالدَيْن. فِراخُ الطُّيورِ تَستطيعُ تعرُّفَ أصواتِ والدَيْها؛ لكِنَّ مُعظمَ ما يَقومُ به الطائرُ هو وَليدُ الغَريزة. جِراءُ الثّعالبِ تَتعلَّمُ الصَّيْدَ بتَقْليدِ الكِبار وعَبْرَ اللَّعِب. القُرودُ وسِواها من الحيواناتِ التي تعيشُ جماعاتٍ تَتعلَّمُ أيضًا بالمُراقَبةِ والتّقْليد. وحتّى الكِبارُ منها قد تكتسِبُ سُلوكًا جديدًا بتَقْليدِ طرائقِ تَجْميعِ الطّعامِ التي يُنفِّذُها فَرْدٌ جَسُور.

الأعْمار

ليسَ من حيوانٍ يُعمِّرُ مَديدًا كما النّباتاتُ الأقْدمُ على الأرض. فذُبابةُ نَوّار (ابنةُ يوم) تَنبثِقُ من مَرْحلتِها اليَرَقانيّةِ التي قد تمتدُّ سَنتَيْن أو أكثر، فتتوالَدُ وتَموتُ في مَدى بِضْعِ ساعات. إجمالًا العُمْرُ الذي يزيدُ على 20 سَنةً هو شَيْخوخةٌ بالنِّسبة لِمُعظم اللّبونات. بعضُ الأسماكِ، كالشَّبُّوطِ والحَفْش، قد تُعمِّرُ ما بين 50 وَ 80 سنة. أمّا الفِيَلةُ فتُعمِّرُ أكثرُ من 60 سنة؛ والسّلاحِفُ واللّجّاتُ حوالى 100 سنةٍ. البَشَرُ في البُلدان المُتطوِّرةِ يُعمِّرون حوالى 70 سنةً في المُعدَّل – وهذا أطولُ قليلًا من الشِّمْبانْزيّات (التي يَتراوحُ مُعدَّلُ أعمارِها بينَ 50 وَ 60 سَنةً).

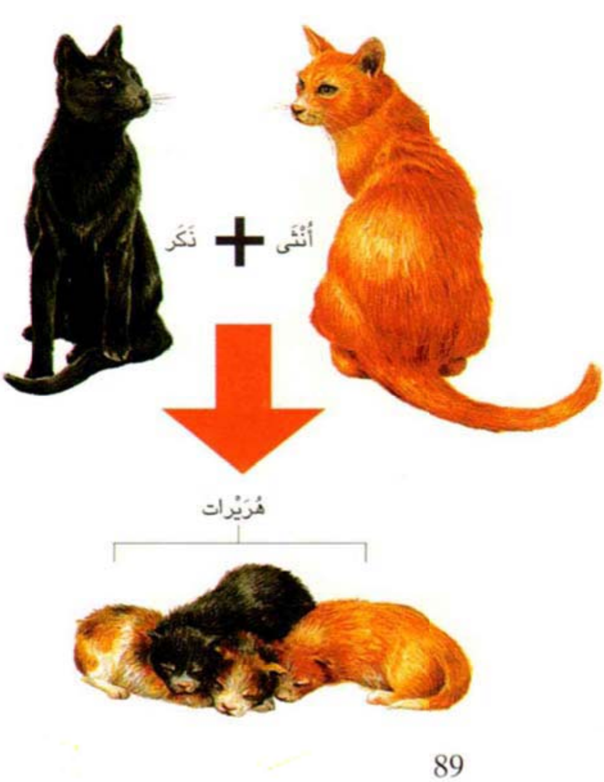
النَّسائل

النّسائلُ مُتعضِّياتٌ لاشِقِّيّةُ التكاثُر مُتطابقةٌ جِينيًّا. وهذا يَحدُثُ طبيعيًّا في النّباتاتِ وفي الحيَواناتِ التي تَتكاثَرُ لاجِنْسيًّا – أي دُونَ اتّحادِ خليّةٍ ذَكَريّةٍ بأُخرى أُنثويّة. مُعْظمُ الحيواناتِ العُلْيا (في سُلّم التطوُّر) لا تُكوِّنُ الأنسالَ طبيعيًّا، إلّا في حالِ التوائم الطّبيقة.

مؤخّرًا نجحَ العُلماءُ في استِنْساخِ كائناتٍ حيّةٍ في المُخْتبَر. والقُدْرةُ على استِنْساخِ حيواناتٍ ونباتاتٍ ستكونُ مُفيدةً جدًّا في مجالاتِ الزِّراعةِ والطِّبّ، لكنْ هنالكَ مخاوفُ من إساءةِ استِعمالِ هذه التّقْنِيّة.



تِقاناتُ الإستِنْساخ تُمكِّنُ العُلماءَ من تَخْليقِ نُسَخٍ طَبيقةٍ تمامًا لِحيوانٍ مّا. فالنّعْجةُ دُوللي – أوّلُ حيوانٍ لَبُونٍ بالِغٍ مُسْتَنْسَخٍ (عام 1997) – هي نُسْخةٌ طَبيقةٌ تمامًا لأُمِّها – ولا أبَ لها.



◄ أزواجُ الصِّبْغيّاتِ (الكروموسومات) تحمِلُ جِينتَيْن لِلصِّفةِ نَفْسِها؛ وعادةً تكونُ إحدى الجينتَيْن هي السّائدة. لكِنْ أحيانًا تكونُ الجِينتانِ مُتَساويتَي القُوّة فيَخْتلِطُ تأثيرُهما. فنِتاجُ القُطَيْطاتِ من هِرٍّ أسْودَ وهِرّةٍ بُنّيّةٍ سيَحوي هُرَيْراتٍ سَوداءَ وهُرَيْراتٍ بُنّيّةً – فيما الأُخرَياتُ مَزيجٌ من اللَّوْنَيْن.

أنْظُر أيضًا

الثّمارُ والبُزُور ص 62 – 63
السُّلوكُ الحيوانيّ ص 90 – 91
الجِيناتُ والكروموسومات ص 135

السُّلوكُ الحيَوانيّ

السُّلوكُ الحيَوانيُّ، لِلأفرادِ أو الجماعات، هو طريقةُ استِجابةِ أو رَدِّ فِعْلِ الحيوانِ لِما يَحْدُثُ له دَاخِليًّا، ولِما يَحْصُلُ في بيئَتِه الخارجيَّة.



الشِّمْپانزيَّة الأمّ، أعلاه، تَسْتَخدِمُ عُودًا لإستِخْراجِ الأَرَضِ من أعشاشِها. والشِّمپانزي الوليدُ يُراقِبُ أُمَّه ويتعَلَّمُ مَهاراتِها. وهو بالمُمارسة ومع الزَّمن قد يُحَسِّنُ هذه التِّقانيَّاتِ ويُطَوِّرُها.

الطرائقُ التي يَتَصرَّفُ فيها الحَيَوانُ هي حَصيلةُ مَلايينِ السِّنينِ من التطوُّر. والسُّلوكُ الحيوانيُّ هو في مُعْظَمِه تصَرُّفٌ غَريزيٌّ؛ فالحيَوانُ، مثلًا، يأكُلُ حِفاظًا على مُسْتوًى مُعَيَّنٍ من الطاقةِ لِلبَقاءِ والتَّناسُل. وبعضُ الحيواناتِ ذاتِ الأدمغةِ الكبيرةِ تَسْتطيعُ حَلَّ مَشاكِلَ بَسيطة. فالقُرودُ والدَّلافينُ نوعانِ من أذْكى الحيوانات. والبَعامات (الشِّمْپانزيَّات) تُخَطِّطُ السُّبُلَ لِلبَحْثِ عن الطعام، وتتواصَلُ بالإشارات التعبيريَّة، وتَسْتَخْدِمُ الأدواتِ البَسيطة. والدَّلافينُ والحِيتانُ يُبدي واحِدُهما اهتِمامًا بالآخرين - فتَتواصَلُ تحتَ الماءِ بِمدًى واسِعٍ من الأصوات.

والكثيرُ من الحيوانات قادرٌ على التعَلُّم. فالأرنَبُ الذي يَأكُلُ نَبْتةً كريهَةَ المَذاق، أو الطائرُ الذي يَنْقُرُ سُرْفةً سامَّةً، يتعلَّمُ تَجنُّبَ اختيارِ ذلك النوعِ من الطعام ثانيةً.



تَخْزينُ الطَّعام بطَمْرِ الجَوْزِ في الخريف، كما يَفْعَلُ السِّنْجابُ هو شَكْلٌ من السُّلوكِ الغَريزيّ. والغَريزةُ تتحَكَّمُ بحياة الحَشَرات؛ أمَّا اللَّبوناتُ فتَسْتطيعُ تَغْييرَ السُّلوكِ الغريزيِّ بالتعَلُّم.

البَقاء

الهدَفُ الرئيسيُّ لِمُعظمِ السُّلوكِ هو ضَمانُ بَقاءِ الحيواناتِ وتَناسُلِها. والمعروفُ أنَّ لدى الحيَواناتِ وسائلَ مُذْهلةً لِحِمايةِ أنفُسِها من الأعداء. والأمْثِلةُ على ذلك كثيرةٌ - منها أشواكُ القَنافِذ الحادَّةُ، والغَمامةُ الحِبْريَّةُ التي يَنُجُّها الأُخْطُبوط، وتظاهُرُ الحَيَّةِ الخنزيريَّة الخَطْم بالموت إذْ تَسْتَلْقي على ظَهْرها بِلا حَراك.



الطُّيورُ النسَّاجةُ تُعَشِّشُ في مُسْتَوطَناتٍ تَضُمُّ آلافَ الأفراد. وبِناءُ الأعشاشِ سُلوكٌ غَريزيٌّ في كُلِّ الطُّيور، لكِنَّ بَعْضَها يَبْني أعشاشًا أفضَلَ من سِواه.

الحياةُ الاجْتِماعيَّة

الحَشَراتُ الاجتِماعيَّةُ، كالنَّمْل، تَعيشُ في مُسْتَعمراتٍ تَعُدُّ مئاتٍ أو آلافَ الأفراد. وتَقومُ كُلُّ حَشَرةٍ بِوَظيفَتِها الخاصَّة فقَط كفَرْدٍ من المَجْموعة - فيما تَتَضافَرُ الأفرادُ كُلُّها لِلدِّفاعِ عن المَلِكة ولِتَوفيرِ الغِذاءِ لها ولِنَسْلِها.

في الحيواناتِ العُلْيا، يُؤمِّنُ العَيْشُ الجماعيُّ لِلأَفرادِ أمانًا أكبَرَ ضِدَّ الضَّواري. فمُعظمُ الحيواناتِ الراعيَةِ تَعيشُ في قُطعان. فالقَطيعُ من حُمُرِ الزَّرَد في سُهولِ إفريقية، مثلًا، يَسْهَرُ على حمايتِه الكثيرُ من أزواجِ العيونِ وفُتحاتِ الأُنوف - كُلُّها مُتَيَقِّظةٌ لِرؤيةِ أو شَمِّ أسَدٍ أو فَهْدٍ جائع.



▲ يُسْبِتُ السِّنْجابُ الامريكيُّ المُخَطَّطُ في نَوْمٍ عَميق، فيَبْدو كالمَيْت. وتَتَباطأُ عمليَّةُ الأَيْضِ فيه مُسْتَخْدِمةً طاقةً قليلةً جِدًّا من المَدَدِ الدُّهْنيِّ المَخْزون. الحيواناتُ تُسْبِتُ شِتاءً بِسَبَبِ نَدْرَةِ الطَّعام خِلالَ هذا الفَصْل.



◄ قَطيعُ الفِيَلةِ تَقُودُه أُنْثى سائدةٌ كُبْرى تُسَمَّى الأمَّ الرَّئيسة. الفِيْلَةُ في حالةِ الوَضْعِ تَسْهَرُ على رِعايَتِها فِيلاتٌ أُخرى والقَطيعُ يَحمي الفيلَ الوَليدَ من الخَطَر.



جِدَّةُ بَصَرِ الفَهْدِ وسُرعَتُه الفائقةُ تَجعلانِه من الضَّواري الفعَّالةِ التي تُهَدِّدُ ظِباءَ طُومْسون. لكِنَّ الظَّبْيَ أيضًا طوَّرَ قُدْرةً قُصْوى على العَدْوِ والانْجِرافِ السَّريع هَربًا من أعدائه. مُعْظَمُ السِّنَّوريّاتِ الكبيرةِ تُفَضِّلُ الكُمونَ لِمُفاجأة فرائسِها.

الصَّيْدُ جَماعات

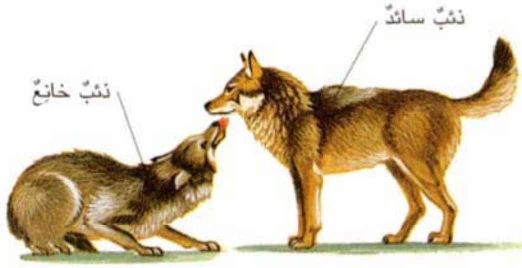
الكثيرُ من الضَّواري، كالنُّمورِ والدِّبابِ القُطْبيَّة، تَصْطادُ مُنْفَرِدةً. وضَوارٍ أُخرى، كالذِّئابِ والضِّباعِ والأُسود، تَصْطادُ جَماعاتٍ - فيَتعاوَنُ كُلُّ فَرْدٍ من الجَماعةِ في آختِيارِ الفَريسةِ ومُطارَدَتِها وقَتْلِها. فالصَّيْدُ جَماعاتٍ يُوَفِّرُ لأمثالِ هذه الضَّواري فُرصةَ قَنْصِ حيواناتٍ كبيرةٍ وقَويَّة، لنْ يَتَمَكَّنَ واحِدُها بِمُفْرَدِه من قَنْصِها. كما إنَّ أُسلوبَ الصَّيْدِ هذا يُعَزِّزُ الرابطةَ الإجتماعيَّةَ بينَ تلك الحيَوانات.

الدَّرَجةُ والسِّيادة

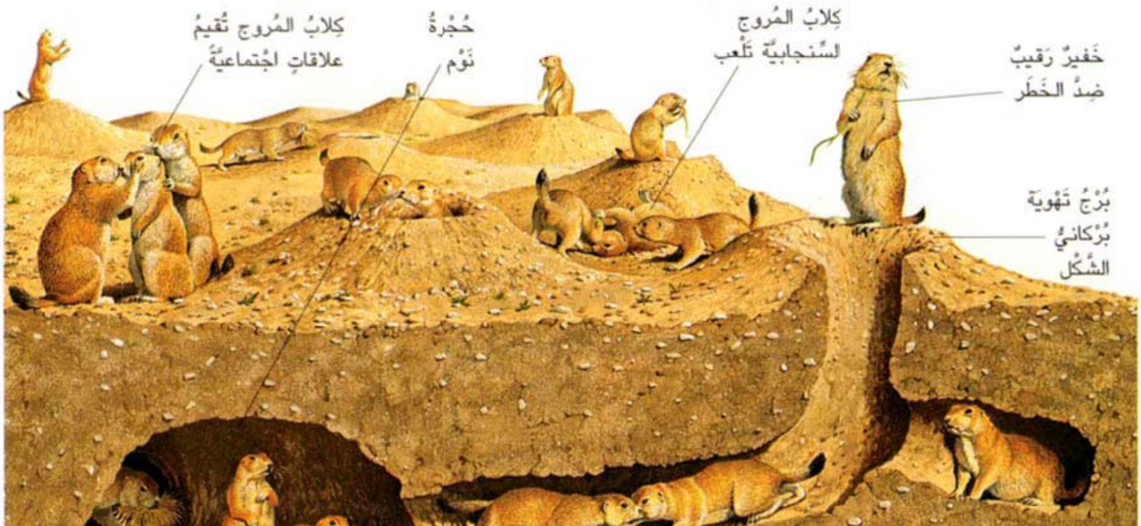
ضِمْنَ المَجْموعةِ من الحيوانات، غالبًا ما يُحَدِّدُ الحَجْمُ والقُوَّةُ دَرَجةَ الفَرْدِ ومَوقِعَه ضِمْنَ الجماعة. فعِجْلُ البَحْرِ الأقوى على الشاطئ يَتزاوجُ مع عَددٍ أكثَرَ من الإناث. والأفرادُ الضِّعافُ أو الصِّغارُ قد لا يُتاحُ لها التزاوجُ مُطْلقًا. لكِنْ سُرعانَ ما سيأتي يومٌ يَتحَدَّى فيه مُنافِسٌ فَتِيٌّ الذَّكَرَ المُسَيْطِرَ ويأخُذُ مَوقِعَه.

في كثيرٍ من أنواعِ الحيَوان، تَتحَدَّى الذُّكورُ المُتَنافِسةُ بعضَها بَعضًا خِلالَ مَوسِمِ التزاوُج. لكنْ نادِرًا ما تَنْتَهي تِلكَ الصِّراعاتُ بِمَقْتَلِ أحدِ المُتَنافِسَيْن. فمُعظمُ المُجابَهاتِ ما هيَ إلّا وسائلُ بَسيطةٌ تُؤَكِّدُ بواسِطتِها الذكورُ الأقوى سَيْطرتَها. والذَّكرُ الأضعفُ غالبًا ما يَخْنَعُ ويَتَراجَعُ. أمّا إذا حَشَرَ ضارٍ فريسةً وَضيَّقَ عليه (أو عليها) الخناقَ، فإنَّ الفريسةَ سَتُقاوِمُ بكُلِّ قُواها. وفي تلك الحالِ، قد يَتَراجَعُ الضّاري الجائعُ خَشْيَةَ التعَرُّضِ للأذى.

ضِمْنَ المَجْموعةِ الإجتِماعيَّةِ، كقَطيعٍ من الذِّئاب، نادِرًا ما تَحْتاجُ الحيَواناتُ السّائدةُ إلى القِتالِ لِلحفاظِ على مَوقِعِها. فالحيَواناتُ الأضْعَفُ تُظْهِرُ بِسُلوكِها الخُنوعيِّ أنَّها قانِعةٌ بِمَوقِعِها الأدْنى في النِّظامِ الإجتماعيِّ لِلقَطيع.



▲ الذِّئبُ الأضعَفُ في هذا المَشْهد يَضْغطُ جَسَدَه قريبًا من سَطْحِ الأرض، لافًّا ذَيْلَه وطاويًا أُذُنَيْه خَلْفًا ولاعِقًا وَجْهَ الذِّئبِ السَّيِّد في عَرْضٍ نَموذَجِيٍّ لِلخُنوعِ والخُضوع. امَّا الذِّئبُ السَّيِّدُ فيَقِفُ مُنْتَصِبًا رافِعًا ذَيْلَهُ ونافِشًا الشَّعْرَ حولَ عُنُقِه. كُلُّ فَرْدٍ، في قَطيعِ الذِّئاب، يَعْرِفُ مَوقِعَه.



كِلابُ المُروجِ والمَرموطاتُ السِّنجابيَّةُ تَعيشُ في مُسْتَعمراتٍ تحتَ الأرض تُسَمَّى «قُرًى». كُلُّ فَرْدٍ في المُسْتَعْمرةِ يُشاركُ في حَفْرِ مَتاهةٍ منَ الأنْفاقِ ذاتِ مَنافِذَ هوائيَّةٍ بُرْكانيَّةِ الشَّكْل. ويَقِفُ خُفراءُ المُستَعْمرةِ على نُشُزٍ في جوانِبها للتحذيرِ من الأعداء، كالصُّقورِ المُحَوِّمة. وهكذا تَفيدُ جميعُ حيواناتِ المُستَعْمرةِ من العَيشِ الجماعيِّ. ويُسَمَّى هذا النَّمَطُ من السُّلوكِ التَّعاوُنيِّ غَيْرِيَّةً.

أُنْظُر أيضًا

الحياة: الأُصولُ والتطوُّر ص 50 – 51

التعايُشُ التكافُليُّ الحيوانيّ ص 94

الحَرَكةُ والتنَقُّل



تَسْبَحُ الدَّلافينُ بحَرَكاتٍ مُتعامِدةٍ من أذيالِها صُعُودًا وهُبُوطًا. وتَبْدو كأنَّها تَسْتَمتِعُ بالقَفْزِ خارِجَ الماء.

تَتنَقَّلُ الحيواناتُ لأَسبابٍ مُتنوِّعةٍ – إمَّا طلَبًا لِلطعامِ أو بَحْثًا عن قَرينٍ أو هَرَبًا من الضَّواري. وقد طوَّرَ الكثيرُ من الحيواناتِ أساليبَ غيرَ عاديَّةٍ لِلتَّجوال والتنَقُّل.

هنالك أسبابٌ مُتنوِّعةٌ لِضَرورةِ تَنَقُّلِ الحيوان. فالضَّاري الجائعُ قد يُطارِدُ فَريسةً؛ وهذه بدَورها تَعْدو هَرَبًا من القَتْل. الحيواناتُ البَرِّيَّةُ (ساكِنةُ البَرّ) تَتحَرَّكُ باستِخْدام قُدْرتِها العَضَليَّة فقَط. أرجُلُ الزَّرافةِ تَعْمَلُ كما المَسانِدُ والرَّوافع؛ فهي تَضْغَطُ على الأرضِ داسِرةً الحيَوانَ قُدُمًا. وفي سُرعتِه القُصوى، غالِبًا ما تكونُ واحِدةٌ فقَط من أقدامِ الظَّبي على الأرض، فيما قد يَرْفَعُ أرجُلَه الأربعَ عندما يَقفِزُ سابِحًا في الهواء. قَفْزةُ الكَنْغر لَيْسَت شَكْلًا فَريدًا من الحَرَكةِ، لكِنَّها لَيسَت نَموذَجِيَّةً في الثَّدْييَّات.



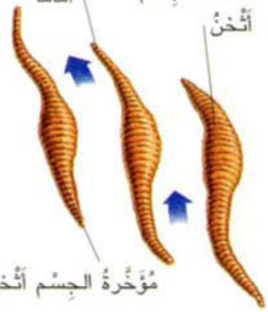
يتَحرَّكُ المَحارُ المِرْوَحيُّ (الأسقَلُوب) بِفَتْحِ صَدفَتِه لسَحبِ الماء، ثُمَّ يُطْبِقُ الصَّدَفةَ بِسُرعةٍ فيَنْدَفِقُ منها الماءُ إلى الخارج، ويَنْدَفِعُ الأسقَلوبُ، بِقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل، في الإتِّجاه المُعاكِس لانْدِفاقِ الماء.

الحَرَكةُ بلا أرجُل

الأرجُلُ ليسَت ضَروريَّةً لِلتَّحَرُّكِ بِسُرعةٍ. فأسْرَعُ الأفاعي، مثلًا، هي المامْبا السَّوداءُ السامَّة التي قد تَبْلُغُ سُرعَتُها 30 كم/سا. كثيرٌ من الأفاعي تتَحرَّكُ على اليابِسةِ أو في الماءِ بالتمَعُّجِ والتلَوّي. والحَلازينُ (القواقِعُ) ذاتُ قَدمٍ أحاديَّةٍ تَتحَرَّكُ بِمَدِّها وسَحْبِها في تمَوُّجاتٍ عَضليَّةٍ مُتتالِية.

قُوَى هَيْدروليَّة (حَراكيَّةٌ مائعِيَّة)

بعضُ اللَّافَقاريَّاتِ، كالخَراطينِ ونُجومِ البَحْر، تَستَخْدِمُ قُوَى هَيْدروليَّةً لِلتحرُّكِ، مُغَيِّرةً شَكْلَ جِسْمِها بدَفْعِ عَضَلاتِها للمائعِ من أحَدِ أجزاءِ الجِسْم إلى جُزْءٍ آخَر.



تُقَلِّصُ الخُرطونُ (دُودةُ الأرض) عَضَلاتٍ حَلْقيَّةَ الشَّكْل على امْتِدادِ جِسْمِه لِيَشُقَّ طريقَه عَبْرَ التُّرْبة. هذه العَضَلاتُ تَعْتَصِرُ المائعَ في الجِسْم فيُصبِحُ الطرَفُ الأماميُّ لجِسْمِ الدُّودةِ أطولَ، ويَنْدَفِعُ أمامًا. ثُمَّ تُثَبِّتُ الدُّودةُ رأسَها في الأرض وتَسْحَبُ ذَيْلَها.

الطَّيَران

الحَشَرات والطُّيورُ وبعضُ اللَّبوناتِ تَستطيعُ التحرُّكَ في الهواء. والطُّيورُ هي أسيادُ الطيرانِ بخَفْقِ الأجنحة أو التَّحْويمِ بِبَسْطِها. الطُّيورُ السَّريعةُ، كالصُّقور، ذاتُ أجنِحَةٍ نَحيلةٍ مُسْتَدِقَّةِ الأطْراف. أمَّا البُومُ، فذاتُ أجنِحةٍ عريضةٍ تُتيحُ لها الإنْسيابَ بِسُكونٍ أثناءَ التصَيُّد. والخفافيشُ هي اللَّبوناتُ الوحيدةُ القادِرةُ على الطَّيران.



◄ الحيَواناتُ ذاتُ الظِّلْفِ، كهٰذه الزَّرافَى، تَعْدو على أباخِسِها (أصابع أقدامِها). وأرجُلُ الزَّرافَى الطويلةُ تجعَلُها من أسرعِ الحيوانات على السُّهولِ الإفريقيَّة.







هذه الصُّوَرُ تُبَيِّنُ بُومةً صغيرةً أثناءَ طيَرانِها. خَفَقاتُ الجَناحَيْنِ القويَّةُ تُوَفِّرُ للطائر رَفْعًا ودَفْعًا أثناءَ الإقلاع. ويُلاحَظُ أنَّ رِيشَ القوادِمِ يَتَباعَدُ أثناءَ خَفْقَةِ الرَّفْع؛ وأنَّ الذَّيْلَ يعمَلُ كدَفَّةٍ ومِكْبَحٍ هوائيٍّ عندَ الهُبوط.

أُنْظُر أيضًا

الحَشَرات ص 75 – 77
البَرْمائيَّات (القوازِب) ص 80 – 81
الزَّواحِف ص 82 – 83
الطُّيور ص 84 – 85
اللَّبونات (الثَّدْييَّات) ص 86 – 87

الهِجْرة

الهِجْرةُ انْتِقالٌ دَوريٌّ لِلحيواناتِ بين مِنْطقتَيْنِ لِلتَّوالُد أو طَلَبًا لِلغِذاء. وقد تَقومُ الحَيواناتُ بذٰلك سَنويًّا أو مَرَّتَيْن فقَط في مدَى العُمْر.



الهِجْراتُ الحيوانيَّةُ رِحْلاتٌ مَوسِميَّةٌ، أو مَحدودةٌ في مدَى العُمْر، إلى الوُجْهَةِ نَفْسِها. تُهاجِرُ الحيواناتُ غَريزيًّا مُحَدِّدَةً مَسالِكَها عَبْرَ البَراري والبِحارِ بوَسائلَ لا تَزالُ تقديريَّةً وغَيْرَ مَفْهومة. فالحاجةُ إلى الطعام والمكانِ الآمِنِ للتوالُدِ تَسْتَحِثُّ الحيواناتِ على الهِجْرة. وغَريزةُ الهِجْرةِ أكثَرُ شُيوعًا بينَ الحيوانات التي تَتعرَّضُ مَواطِنُها عادةً لِتغَيُّراتٍ مَوسِميَّةٍ قُصْوَى.



الحِيتانُ الحَدْباءُ تُهاجِرُ من المِياهِ القُطْبيَّةِ إلى البِحارِ الأدْفأ لِتَضَعَ صِغارَها.

قَطيعٌ من أيايِلِ الرَّنَةِ في روسيا يَبْدأُ هِجْرتَه الطويلة. فَبِتَجَمُّدِ مِنْطقةِ التُّنْدرا – مَوطِنِ الرَّنَة – خِلالَ الشِّتاء، تَرْتَحِلُ أيايِلُ الرَّنَة جَنوبًا طَلَبًا لِمأوًى أدفأَ في الغاباتِ هُناك.

الطُّيورُ القَواطِعُ (المُهاجِرة)

الهِجْرةُ شائعةٌ بينَ الطيور. فالخُطَّافُ (السُّنونو)، مثلًا، يَطيرُ جَنوبًا كُلَّ خريفٍ من أوروبا وأمريكا الشماليَّة لِلتَّشْتِيَةِ في إفريقية أو في أمريكا الجَنوبيَّة. فهذه الطيورُ تَقْتاتُ بالحَشَرات، والحَشَراتُ لا تَتواجَدُ بِوَفْرةٍ في فُصولِ الشِّتاء الشماليَّة.



الفَراشاتُ الملكيَّةُ تُهاجِرُ عَبْرَ أمريكا الشماليَّة جَنوبًا حتَّى المَكسيك؛ ولا يَبْقَى منها عادةً لِرحْلةِ العَودة سِوى قِلَّةٍ من الفَراشاتِ البالِغة.

طائرُ الخَرْشَنةِ القُطْبيُّ الشماليُّ يُهاجِرُ سَنويًّا من صَيْفِ المِنْطقةِ القُطْبيَّةِ الشماليَّة إلى صَيْفِ القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة – في رحلةِ ذَهابٍ وإيابٍ مَداها 35 000 كيلومتر. ويُعتقَدُ أنَّ الطيورَ المُهاجِرةَ تَتَّبِعُ مَعالِمَ جُغرافيَّةً لإيجادِ طريقِها. ولَعلَّها قد تَسْتَرْشِدُ أيضًا بالشَّمْسِ والنُّجومِ ومَجالِ الأرضِ المِغْنَطيسيّ.



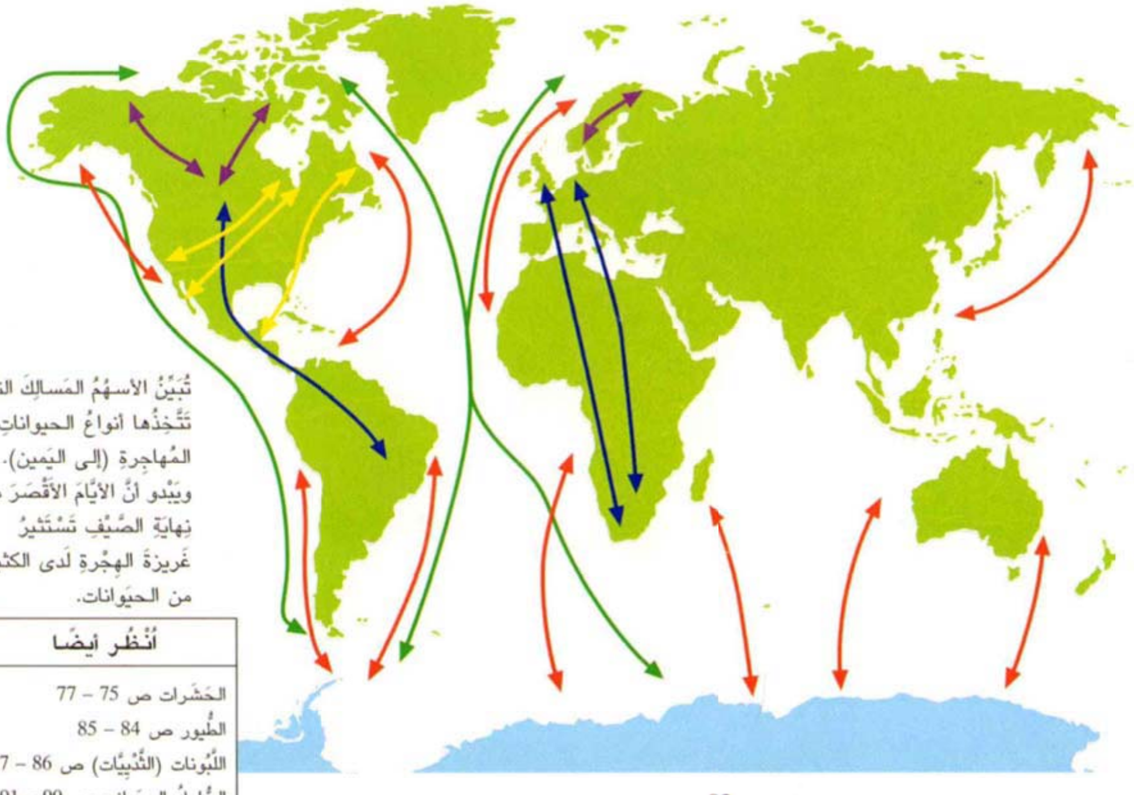
يَقومُ طائرُ الخَرْشَنةِ القُطْبيِّ الشَّماليِّ سَنَويًّا بِرِحْلةٍ مَداها 35 000 كم من القُطْبِ الشماليِّ إلى القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجنوبيَّة ذَهابًا وإيابًا.

مُهاجِراتٌ أُخرى

الحَيَواناتُ المُهاجِرةُ الأُخرى تَشْمَلُ أيايِلَ الرَّنَةِ والحِيتانَ واللَّجآتِ والأَنْقليسَ والسَّلْمونَ وحتَّى الفَراش. فالفراشاتُ المَلكيَّةُ من الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة وكَنَدا تَطيرُ جَنُوبًا في أسْرابٍ لِلإشتاءِ في المكسيك. وقد يَقْطَعُ بعضُها في رِحْلَتِه أكثَرَ من 2500 كم.

دَليلُ الخَريطة

الخُطَّاف (السُّنونو)	أزرق
أيايِلُ الرَّنَة	بنفسجي
الفراشاتُ الملكيَّة	أصفر
الخَرْشنة القطبيّة لشماليّة	أخضر
الحوتُ المُحَدَّب	أحمر



تُبَيِّنُ الأسهُمُ المَسالِكَ التي تتَّخِذُها أنواعُ الحيَواناتِ المُهاجِرةِ (إلى اليَمين). ويَبْدو أنَّ الأيَّامَ الأقْصَرَ مع نِهايةِ الصَّيْفِ تَسْتَثيرُ غَريزةَ الهِجْرةِ لَدى الكثيرِ من الحيَوانات.



الخطاطيفُ (طيورُ السُّنونو) تُهاجِرُ سَنَويًّا. ففي الشِّتاءِ تَطيرُ جَنوبًا ثُمَّ تَعودُ في الرَّبيعِ لِلتوالُد.



تَرْتَحِلُ قُطْعانُ الرَّنَةِ إلى أراضي الرَّعْيِ الجنوبيَّةِ هَرَبًا من شِتاءِ المِنْطَقةِ القُطْبيَّةِ الشماليَّةِ القارِس.

أُنْظُر أيضًا

الحَشَرات ص 75 – 77

الطُّيور ص 84 – 85

اللَّبونات (الثَّدْييَّات) ص 86 – 87

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91

التَّعايُشُ التكافُليُّ الحيَوانيّ

الشَّراكةُ الحَميمةُ بينَ مُتعَضِّيَيْن من نوعَيْن مُختلِفَيْن تُسَمَّى تَعايُشِيَّة أو تَعايُشًا تكافُليًّا. وهنالكَ دَومًا إفادةٌ لكِلا المُتَعَضِّيَيْن في هذا التعايُش.



يَعيشُ شُقَّيقُ البَحْر أحيانًا فوقَ مَحارةٍ يَشْغَلُها سَرطانٌ ناسِك. فيَحْصُلُ شُقَّيقُ البَحْر على رِحْلاتٍ مَجّانيَّة، ويتلَقَّطُ فُتاتَ الغذاءِ السّاقِطِ من السَّرطان. وتُساعِدُ لَسَعاتُ شُقَّيقِ البَحْر السامَّةُ في الدِّفاعِ عن كِلا الحيَوانَيْن ضِدَّ الضَّواري.

هُنالكَ كثيرٌ منَ الأَمثلةِ على حَيَواناتٍ ونَباتاتٍ مُتَعايِشةٍ معًا، وسبَقَ لها أنْ تطَوَّرَت معًا مُقيمةً تكافُلًا مُفيدًا لِكلا المُتَعَضِّيَيْن. يُستَخْدَمُ مُصْطَلحُ التَّعايُشيَّة للتعبير عن عَلاقاتٍ مُتبايِنةٍ مُتعدِّدة بين مُتَعَضِّيَيْن. فإذا تعايَشَ مُتَعَضِّيان بحيث يَفيدُ أحدُهما دونَ أن يَستَفيدَ الآخَرُ أو يتضَرَّر – فهو تعايُشٌ مَلاذيّ. وإذا كان التعايُش يُفيدُ كلا المُتَعَضِّيَيْن، فهو تعايُشٌ مُنافَعة – أي تُعايُش مَنفعةٍ مُتَبادَلة. أمّا إذا كان التعايُش يُفيدُ أحدَ المُتعَضِّيَيْن على حِسابِ الآخَر، فتُسَمَّى العَلاقةُ تعايُشًا تَطَفُّليًّا.

مُشارَكَةُ المأوى

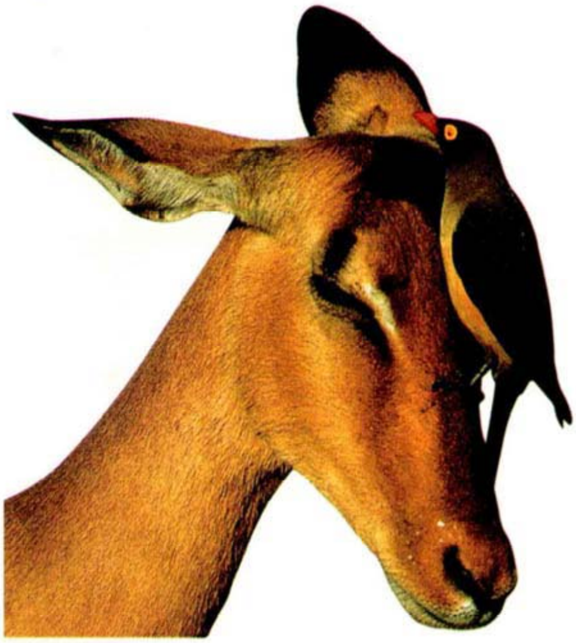
بعضُ المُتعَضِّياتِ تَتشارَكُ المَسْكَنَ الواحد. وشراكةُ السَّرطانِ الناسِك وشُقَّيقِ البَحْر هي مَثَلٌ جَيِّد على هذه العَلاقة. السَّرَطاناتُ الناسِكةُ قِشريَّاتٌ تَشْغَلُ مَحارَ الرَّخْويّات الفارِغة؛ وبعضُ شَقائقِ البَحْر يَعيشُ فوقَ هذه المَحار. شَقائقُ البَحْر تَصُدُّ الضَّواري بإطلاقِ سِهامِها السّامَّة، وتَفيدُ هي من الاغْتِذاءِ بالفُتاتِ السّاقِط من وَجَباتِ السَّرطان.



تَعيشُ شِراعيَّةُ البُرتُغال في المُحيطات. وهي تتألَّفُ من عدَّة مُتعَضِّياتٍ من النَّوع نَفْسِه تَعيشُ معًا كعَميرة؛ وكُلُّ فردٍ في العَميرة له وَظيفةٌ يَقوم بها.

وَجباتٌ مَجّانيَّة

إغراءُ الوَجْبةِ المَجّانيَّة هو أساسُ العديدِ من أنواع التعايُشِ الحيَوانيّ. فنَقّارُ البَقَر، مثلًا، يَعْتَلي ظُهورَ الظِّباءِ والجواميسِ والكَرْكَدنّات، ويَغْتذي بالحَشَراتِ والبَرَقاناتِ التي تَعيشُ على جِلْدِ العائل. وفي المُقابِل، تُسَقْسِقُ الطُّيورُ أو تُصْدِرُ صَيحاتِ إنذارٍ عندما تُشاهِدُ أو تتحَسَّسُ تواجُدَ مُفْتَرِسٍ خَطِرٍ في الجِوار.



نَقّارُ البَقَر الأحمر المِنْقار ذو علاقةِ تَعايُشٍ تكافُليَّةٍ مع ظَبْيِ الإمپالا. فيَجْثُم الطائرُ على رأسِ الظَّبي ويَتلقَّطُ الحَشَرات، فيَفيدُ الظَّبيُ خلاصًا من الآفاتِ الحَشَريَّة – فيما يَفيدُ نَقّارُ البَقَر من وجْبةِ طعامٍ مُيَسَّرة.

تَعايُشيَّةٌ تحتَ سَطْحِ البَحْر

هنالكَ الكثيرُ من الأمثلةِ على عَلاقاتِ التَّعايُش التكافُليّ في المُحيطات. فسَمكةُ الرَّاس، مثلًا، هي سَمكةٌ صغيرةٌ تَسْبَحُ إلى داخلِ فَمِ سَمكةٍ أكبَرَ فتُزيلُ فُتاتَ الطعامِ والطُّفَيْليّاتِ من فَكَّيْها. ويبدو أنَّه حتّى أَشدُّ الأَسْماكِ المُفْتَرِسةِ نَهَمًا تُرَحِّبُ وتَسْتَمْتِعُ بهذا التَّنْظيفِ الذي يَفيدُ منه كلا النَّوْعَين.

الطُّفَيْليّات

كثيرٌ من الحيَوانات تَغْزوها طُفَيْليّاتٌ تَعيشُ في أجْسادِها، بخاصَّةٍ في الأمعاء – حيثُ تَفيدُ الطُّفَيْليّاتُ من مَثْوًى آمِنٍ وتَغْتذي بغذاءٍ مَهْضُومٍ أو فَضَلاتٍ برازيَّة. بعضُ الطُّفَيْليّاتِ لا تؤذي العائلَ؛ لكنَّ كثيرًا غيرَها، كالبراغيثِ والشَّريطيّاتِ (الدِّيدان الوَحيدة)، تُضِرُّ بالعائل وتُضْعِفُه. والطُّفَيْليّاتُ تدخُلُ جسمَ العائل عَبْرَ الفَمِ أو الأنفِ أو فُتحاتٍ جَسَديَّةٍ أُخرى.



سَمكةُ الرّاسِ المُنَظِّفةُ الصغيرة تَتَنَقَّلُ آمِنةً بين فَكَّيْ سَمَكةِ القُشْرِ المَرجانيَّة هذه – وهي تَغْتذي بطُفَيليّاتها.

اُنْظُر أيضًا

الحياة: الأُصولُ والتطوُّر ص 50 – 51

التهايُؤُ التكيُّفيُّ والدِّفاع ص 95

التَّهايُؤ التكيُّفيُّ والدِّفاع

التَّهايُؤ التكيُّفيُّ تَغَيُّرٌ يَجْعَلُ الكائنَ أفضَلَ تلاؤمًا مع بيئتِه. والدِّفاعُ هو الوسائل التي تَحْمي بواسِطتِها المُتعَضِّياتُ أنفُسَها من الأذى.

لا بُدَّ أن تتوفَّرَ لجميعِ الكائناتِ الحيَّةِ قُدْرَةٌ على التهايُؤِ التكيُّفيِّ مع التغَيُّراتِ في بيئاتِها لتَسْتَطيعَ البَقاء. وحَتّى يَتَسَنّى للكائنِ ذلك، يَنْبغي له أن ينمُو ويتكاثر، وأن يَتفادى خَطرَ أنْ يُفْترَس أو يُلْحَقَ به الأذى من كائنٍ آخَرَ هو أيضًا يَسْعَى من أجلِ البَقاء. وقد اقْتَضَتْ ضروراتُ البَقاء تَطويرَ بعضٍ من أروعِ التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّةِ الدِّفاعيَّة في الطبيعة.

أسلِحةٌ دِفاعيَّة

هنالك خَمْسةُ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّةِ الدِّفاعيَّة. الدِّفاعاتُ الميكانيكيَّة (الآليّاتيَّة) تَشْمَلُ القُرونَ والأشواكَ والنواتئَ الشوكيَّةَ والدُّروع. فالحَيوانُ المُدَرَّعُ مُغَطًّى بدِرْعٍ عَظْميٍّ، ويَتَكَوَّرُ عندما يُهَدِّدُه الخَطَر. والقنافِذُ الشوكيَّةُ تَفْعَلُ الشَّيءَ نَفْسَه؛ أمّا السَّلاحِفُ فتَرْتَدُّ إلى داخِلِ ذُبولها (ج. ذَبْل) العَظْميَّة.

الدِّفاعاتُ الكيماويَّةُ تشمَلُ موادَّ كريهةَ المَذاقِ والرائحة، أو لَسَعاتٍ وسُمومًا تُلْحِقُ الأذى بالضَّواري المُهاجِمة. فشقائقُ البَحْر، مثلًا، تُطلِقُ سِهامًا شوكيَّةً سامَّةً على الضَّواري المُحْتَمَلة.

وتَشْمَلُ الدِّفاعاتُ البَصَريَّةُ التلوينَ الزّاهي الذي يُنْذِر بِسُموميَّةِ صاحِبه. كذلك يُمَكِّنُ التَّمْويهُ الكثيرَ من أنواعِ الفرائسِ من التَّخَفِّي بالإنْدِماجِ في البيئاتِ حوالَيها. وكثيرٌ من الحَيَوانات تُشاكِهُ (تُشابِهُ شَكْلًا) بعضَ الأشياءِ الخَطِرة أو غيرِ الصّالِحةِ لِلأكْل. فالحَيّاتُ المَرْجانيَّةُ سامَّةٌ تتجَنَّبُها الضواري؛ أمّا الحَيّاتُ اللَّبَنيَّةُ المُشاكِهَةُ لها واللامؤذيَةُ فتَتجَنَّبُها الضَّواري أيضًا كما تَتجَنَّبُ المَرجانيّات.

بعضُ الأَسماك، كالأَنقليس، تَتَميَّزُ بأعضاءٍ خاصَّةٍ تَبْتَعِثُ شِحناتٍ كَهْربائيَّةً تَصُدُّ بها الضَّواري وتَصْعَقُ بها الفرائسَ - كما تُساعِدُها في إيجادِ طريقِها عَبْرَ المياهِ المُعْتِمة.

أمّا الدِّفاعاتُ السُّلوكيَّةُ فتَشْمَلُ كامِلَ أصنافِ الأساليبِ الدِّفاعيَّة - من تجَنُّبِ الأخطارِ اختباءً أو هُروبًا إلى مُجابهةِ المُهاجِمِ والرَّدِّ عليه بالمِثل.

تَهايُؤاتٌ تكيُّفيَّةٌ مُختلِفة

يُمَيِّزُ البَيُولوجيُّون بينَ نَمطَيْن من التَّهايُؤاتِ التكيُّفيَّة - نَمَطٍ وِراثيٍّ (جِينيّ) ونَمطٍ ظاهِريّ. التهايُؤاتُ التكيُّفيَّةُ الوراثيَّةُ تَنْتَقِلُ جِينيًّا (كجينات) من جيلٍ إلى جيل. وهي تُوفِّرُ الأساسَ لِلتغَيُّرِ التطوّريِّ عَبْرَ الانتخابِ الطبيعيّ. أمّا التهايُؤاتُ التكيُّفيَّةُ الظاهِريَّةُ فتَحْدُثُ ضِمْنَ مَدى عُمْرِ الفَرْد. وفي غالبيَّةِ الحالات، فإنَّ أمثالَ هذه التغَيُّراتِ تُمَكِّنُ المُتعَضِّي من البَقاءِ على قَيْدِ الحياة وتَجاوزِ التغَيُّراتِ البيئيَّة الفُجائيَّة.



الخُفّاشُ الناشِطُ لَيْلًا يُرْسِلُ تَمَوُّجاتٍ صوتيَّةً لاقْتِفاءِ العُثّات. لكنَّ بعضَ العُثِّ تكتَشِفُ هذه التمَوُّجاتِ وتَتفاداها بإجراءاتٍ تَفَلُّتيَّة - حتّى إنَّها تُشَوِّشُ على إشاراتِ الخُفّاش بِصَيحاتٍ زَعيقيَّةٍ عاليةِ الطَّبَقة.



عندما يُلامِسُ مُفْتَرِسٌ إحدى لوامس شُقَّيق البَحْر، تَنْقَلِبُ خلايا في اللَّوامسِ رأسًا على عَقِب لإطلاق أشواكٍ دِفاعيَّة.

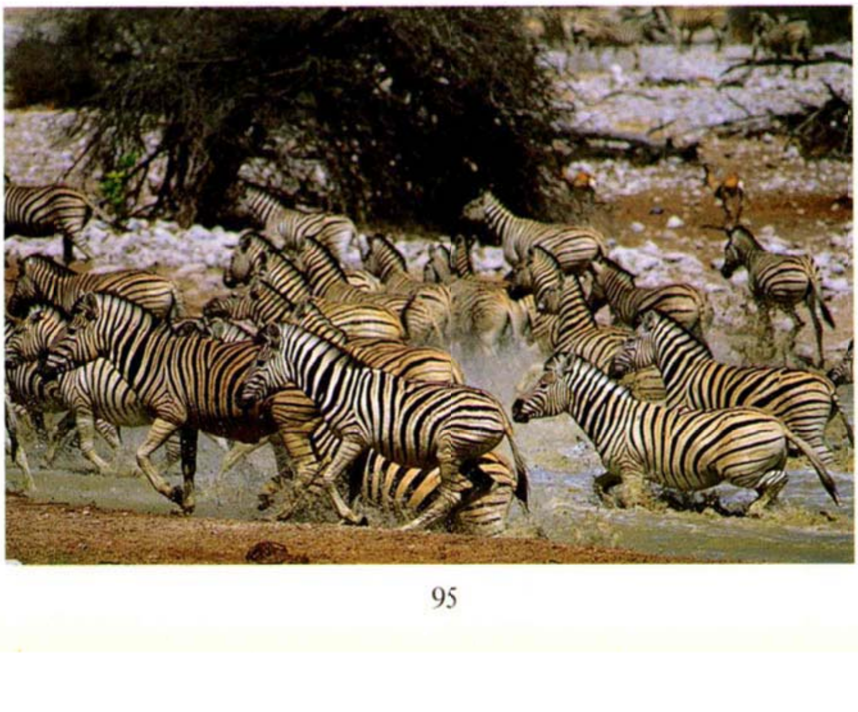




الذُّبابُ الحَوّام يُحاكي بتَمَوُّهِه التلَوُّنَ الإنذاريَّ لِلزَّنابير. وهذا يُرْبِكُ المُفْتَرِساتِ فَتْرَةً تَكفي الذُّبابةَ لِلنَّجاةِ بنَفْسِها.



المُدَرَّعُ ذو دِفاعٍ آليٍّ - بدِرْعِه القاسي من الصَّفائحِ العَظْميَّة. ولِرَدْعِ أيِّ مُفْتَرِس، يَتَكَوَّرُ المُدَرَّعُ مُتَّخِذًا شَكْلَ كُرَةٍ مَشدودة.



حُمُرُ الزَّرَد البُرْشِليَّة هذه طوَّرَت عددًا من الدِّفاعات لِتَتفادى افتراسَها من قِبَلِ الأُسودِ والضواري الأُخرى في السَّفّانّا الإفريقيَّة. فهي تعتمِدُ على حواسِّها الحادَّة لاكتِشافِ الخَطَر وعلى سُرعةِ الهُروب. وهي، إذا ما ضُيِّقَ عليها الحِصارُ تَسْتَطيعُ الرَّفْسَ والعَضّ. كذلك فإنَّ تخطيطاتِ حُمُرِ الزَّرَد تُشَوِّشُ مَنْظَرَها الكِفافيَّ فَتُعطِّلُ وتُعَسِّرُ قُدرةَ الضاري على اختيارِ فَرْدٍ منها والتركيزِ على مُلاحَقتِه.

أُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحَيوانيّ ص 90 - 91
التعايُش التكافُليّ الحَيَوانيّ ص 94
أسبابُ انْقِراضِ الأنواع ص 442 - 443

حَقائقُ

فُروعُ عُلومِ الحَياة

عُلَماءُ التشريح يَدْرسونَ بِنَى المُتعضِّياتِ الحيَّة باستِخْدام الدِّراساتِ المِجْهريَّة غالبًا.

البَيُولوجيُّون يَدْرسون بِنَى وسُلوكَ وتطوُّرَ الكائناتِ الحيَّة بجميعِ أنواعِها.

عُلَماءُ النَّبات بَيُولوجيُّونَ يَدْرسون النَّباتات.

البيئيُّون يَدْرسونَ العَلاقاتِ بينَ الكائناتِ الحيَّة والبيئات التي تعيشُ فيها.

عُلَماءُ الأَجِنَّة يَدْرسون تكَوُّنَ وتطوُّرَ النباتاتِ والحيوانات من الإخصابِ حتَّى تُصبِحَ كائناتٍ عُضويَّةً مُسْتَقِلَّة.

عُلَماءُ الحَشَرات يَدْرسون الحَشَرات.

عُلَماءُ السُّلوكيَّاتِ الحيوانيَّة يَدْرسون السُّلوكَ المَوْروثَ للحيَواناتِ في بيئاتِها الطبيعيَّة.

عُلَماءُ الأَسْماك، عُلَماءُ حيَوانٍ يَدْرسون الأَسْماك.

عُلَماءُ البَيُولوجيا البَحْريَّة يَدْرسونَ الكائناتِ الحيَّةَ في البِحار والمُحيطات.

عُلَماءُ الفُطْريَّات يَدْرسون الفُطُور.

عُلَماءُ الطُّيور يَدْرسون الطُّيور.

عُلَماءُ الطبيعة يَهتمُّون بالطبيعة؛ وقد يَتخَصَّصونَ بأنواعٍ مُعَيَّنةٍ مِن الكائنات أو يَجِدونَ المُتْعةَ بِمُراقبةِ الحيَوانات والنباتات وتَسْجيلِ مُلاحظاتِهم عنها.

عُلَماءُ الحياةِ القديمة يَدْرسون الأحافيرَ لتَجْميـ[...] أشكالِ الحياة التي تواجدَت منذُ مَلايينِ السِّنـ[...]

عُلَماءُ التَّصْنيف يُصَنِّفون النباتات والحيواناتِ [...] تراتُبيّ.

عُلَماءُ الحيَوان بَيُولوجيُّون يَدْرسون الحيَوانات.

أنْماطُ المَنْظوماتِ البيئيَّة النِّطاقيَّة المنظومةُ البيئيَّةُ النطاقيَّةُ مَجْموعةٌ نباتيَّةٌ وحيوانيَّة تستوطِنُ مِنْطقةً جُغرافيَّةً شاسِعة. وتُحَدِّدُ النُّطُقُ البيئيَّةُ أساسًا بالظُّروفِ المُناخيَّـ[...]ـائدة فيها.

الصَّحاري مناطِقُ جافَّةٌ جِدًّا تنمُو فيها قِلَّةٌ من النباتات فقط، وقد تكونُ باردةً أو حارَّة.

السُّهوبُ المُعْشِبة وهي أكثرُ شُيوعًا في المِنطقتَيْنِ المُعتدلتَيْن. في المنطقة الاستوائيَّة ذاتِ الصَّيف الطويل الجافّ، السُّهبُ المُعْشِبُ النَّمُونجيُّ يُسَمَّى سافَنَّا أو سَفَنّاء، وهو عادةً لا يَخْلو من تجمُّعاتٍ شَجَريَّةٍ مُتفرِّقة.

المُحيطات، أضخَمُ المَنظومات البيئيَّة النطاقيَّة من حيثُ المدى. والأنواعُ التي تَعيشُ في نِطاقٍ مُحيطيٍّ مُعيَّنٍ يُحَدِّدُها العُمْقُ، واختِراقيَّةُ نُورِ الشَّمْس، ودَرجةُ الحرارة، والظروفُ المائيَّةُ، ومُتاحيَّةُ المُغذِّيات في الموقِعِ المُعَيَّن.

السُّهوبُ الأَجَميَّة مناطِقُ تَسُودُ فيها الجَنَباتُ والأشجارُ القَميئة. فُصولُ الصَّيفِ فيها حارَّةٌ وجافَّة والحرائقُ متكَرِّرةُ الحُدوث.

غاباتُ التَّيْغا تُسَمَّى أيضًا **الحراجَ الشَّماليَّة**، مناطِقُ غاباتٍ مخروطيَّةٍ إبريَّةِ الورق تُتاخِمُ المِنْطقةَ القُطبيَّةَ الشَّماليَّة. فُصولُ الشتاءِ فيها باردةٌ وطويلة.

الغاباتُ المُعْتَدِلة توجَدُ بين المنطقتَيْنِ المَداريَّتَيْنِ والقُطبيَّتَيْنِ شمالًا وجنوبًا. مُناخُها لطيفٌ وكمِّيَّاتُ المَطَرِ فيها مُعْتَدِلة. هذه الغاباتُ قد تكونُ مخروطيَّةً دائمةَ الخضرة أو مُعْبِلَة.

الغاباتُ المَداريَّةُ المَطيرة تنمُو حيثُ الطَّقْسُ حارٌّ ورَطِبٌ على مَدارِ السَّنة. وهي أغنى المنظوماتِ النطاقيَّة البيئيَّة من حيثُ تنوُّعيَّةُ الضُّروبِ النباتيَّةِ والحيوانيَّةِ فيها.

التُّنْدرا مناطِقُ باردةٌ وجافَّةٌ حيثُ التُّرْبةُ التحتيَّةُ مُتَجَمِّدةٌ دَوْمًا.

طوائفُ الكائناتِ الحَيَّة

النَّباتات

لقد تَمَّ حتَّى اليوم (أوائلَ الألفيَّة الثالثة) تعَرُّفُ وتَصْنيفُ حوالى 300 000 نوعٍ من النَّباتات – تَتَراوحُ حُجومُها وتَعْقيداتُها من الطَّحالِب البَسيطة إلى الأشجارِ الباسِقة. ويَتَنبَّأُ العُلَماءُ أنَّه قد يَتواجَدُ، على الأقلّ، عددٌ مُماثِلٌ من الأنواع التي لم تُكتشَفْ بَعْدُ لِتَواجُدِها في غاباتٍ أو على جبلٍ يتعَذَّرُ الوُصولُ إليها. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ ما يتواجَدُ من النباتات هو أقلُّ بكثيرٍ من الحيَوانات.

الفُطُور

هنالك حوالى 100 000 نوع مَعْروفٍ من الفُطْريَّات. ويُعَرَّف الفُطْرُ بأنَّه مُتعَضٍّ وحيدُ أو مُتعَدِّد الخلايا يَمْتَصُّ المُغَذِّيات عَبْرَ جُدرانِه الخَلَويَّةِ مُباشَرةً. كثيرٌ من الفُطْريَّات يَعيشُ طُفَيْليًّا يَمْتَصُّ المُغَذِّياتِ من مُتعَضِّياتٍ أُخرى.

الحيَوانات

عُلَماءُ التَّصْنيف يُصَنِّفونَ الحيَواناتِ في حوالى 30 تَصْنيفًا رئيسيًّا، يُسَمَّى الواحِدُ منها شُعْبةً. ويَشْمَلُ بعضُ هذه الشُّعَبِ عِدَّةَ آلافٍ من الأنواع. فشُعْبةُ الخَيطيَّات، [...] 12 000 نوعٍ من الدِّيدان [...] الأعلى نَذكرُ المَجْموعاتِ [...]

[...] طريَّةُ الأَجْسام عَديمةُ العِظام ذاتُ مَحارةٍ واقيَةٍ عادةً. من أمثالِها القواقِعُ وذواتُ المِصْراعَيْنِ (كالصَّدَفيَّات) ورأسيَّاتُ الأرجُل (كالسُّبَّيدَجات). هنالك حوالى 100 000 نوع في هذه الشُّعبة.

المَفْصِليَّات شُعْبةُ حيَواناتٍ مُتَمَفْصِلةِ الأرجُل – جرَى تعَرُّفُ حوالى المليونِ نوعٍ منها، مُعظمُها من الحَشَرات. ورُبَّما هنالك ما يُناهِزُ 10 ملايين نوعٍ من الحَشَرات بانتظارِ أن تُسَمَّى وتُوصَف.

الأَسْماك حيوانٌ مائيٌّ تَنْقَسِمُ إلى طوائفَ ثلاث: طائفةُ الأسماكِ العَظْميَّة ويُعرفُ من أنواعِها حوالى 22 000 نوعٍ تشمَلُ القُدّ. وطائفةُ الأسماكِ الغُضروفيَّة وتشمَلُ حوالى 5000 نوعٍ منها أسماك القِرْش والشِّفْنين. وطائفةُ الأسماكِ العديمةِ الفَكَّيْن التي منها الجَلْكى والجِرِّيث.

البَرْمائيَّات (القَوازِب) هنالك منها حوالى 3000 نوعٍ مَعْروف، تشمَلُ الضَّفادِعَ والعَلاجيمَ والسَّمادِل.

الزَّواحف طائفةٌ حيوانيَّةٌ تشمَلُ حوالى 6500 نوع، منها الحيَّاتُ والعَظايا والتَّماسيح.

الطُّيور طائفةُ حيواناتٍ تشمَلُ حوالى – 9000 نوعٍ – كُلُّها تضَعُ بُيوضًا صُلْبةَ القِشْرة، وتتميَّزُ بكِساءٍ رِيشيّ. أكثَرُ من 5700 نوعٍ من طائفةِ الطُّيور هي من رُتْبةِ الجَواثِم.

اللَّبونات (الثَّدييَّات) طائفةُ حيواناتٍ صُنِّفَت في 18 رُتْبةً وطُوَيْئفتَيْنِ هما اللَّبوناتُ المَشيميَّةُ والجِرابيَّات. هنالك 4500 نَوْعٍ من اللَّبونات، تشمَلُ الرَّئيساتِ – السَّعادين والقُرود والبَشَر. وهي ذاتُ كِساءٍ شَعْريٍّ وآليَّاتٍ مُنَظِّمةٍ لِدرجةِ حرارة الجِسْم.

تَواريخُ رَئيسيَّة

77 عالِمُ الطبيعة الرُّومانيّ پليني الأكبر يُنْجِزُ تاريخَ الطبيعة، أوَّلَ مَوسوعةٍ عن الطبيعة.

1665 العالِمُ البريطانيُّ رُوبرْت هُوك يُحَقِّقُ الرِّيادة في استِخْدام المَجاهِر لِدراسةِ الخَلايا والمُتعَضِّيات الدقيقة.

1758 عالِمُ الطبيعة السويديُّ كارلوس لينَيوس يُطوِّرُ نِظامًا، لا يَزالُ مُسْتَخدمًا، في تَسْميةِ الكائنات الحيَّة.

1830 العالِمانِ الألمانيَّان ماتْياس شلايْدِن وثِيُودور شْڤان يُبيِّنان أنَّ الخليَّةَ هي الوَحْدةُ الأساسيَّةُ في تركيبِ جميعِ النباتاتِ والحيوانات.

1865 الراهِبُ النمساويُّ غريغور مِنْدِل صاغَ القوانينَ الأساسيَّةَ للوِراثة مُسْتخدِمًا نبَتات البازِلّا.

1872 إنشاءُ مُتنزَّه يَلُوسْتون القوميّ في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة كأوَّلِ مُتنزَّهٍ عامٍّ لِحماية البيئة الطبيعيَّة.

1879 إنشاءُ المُتنزَّه القوميّ الملكيّ في أُستراليا للحفاظ على البيئة الطبيعيَّة.

1898 إنشاءُ مُتنزَّه كرُوجَر القوميّ في جنوب إفريقية للحفاظ على البيئة الطبيعيَّة.

1909 السّويد تُنْشِئُ أوَّلَ المُتنزَّهاتِ القوميَّة لحِمايةِ البيئة في أوروبا.

1910 البَيُولوجيُّ الأمريكيُّ توماس مُورْغان يُبَيِّنُ أنَّ الكروموسومات (الصِّبغيَّات) تحملُ مَعْلوماتٍ وراثيَّةً (جِينيَّة).

1953 عالِمُ الفيزياء الحيَويَّة البريطانيُّ فرانسِس كريك، وعالِمُ الكيمياء الحيَويَّة الأمريكيُّ جيمْس واطْسون، والكيميائيَّةُ البريطانيَّةُ رُوزالِنْد فرانكلين يكتشِفون بِنْيةَ د ن أ.

1982 أوَّلُ استِنْساخٍ لِخلايا فأريَّةٍ وتكوينُ «فئرانٍ عملاقة» في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة بالهَنْدسةِ الجِينيَّة.

1988 أوَّلُ بَيْضةٍ لِنَسْرِ الكُنْدور الكاليفورنيّ تَفْقِسُ في الأَسْر. هذا النَّوعُ لم يكُنْ قد بقيَ منه سوى 27 طائرًا. وقد احتُجِزَ في الأسْرِ في مُحاولةٍ لِتَفادي انْقِراضِه.

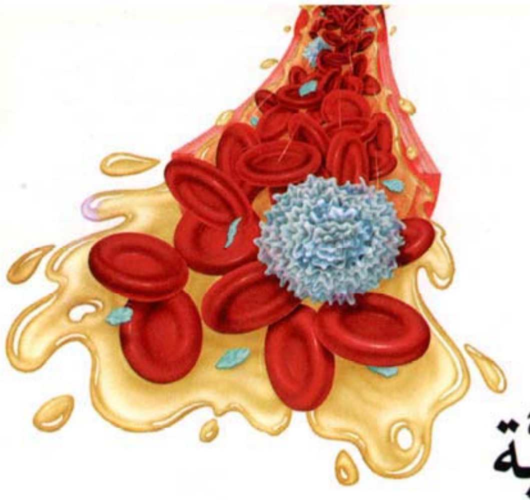
1989 الولاياتُ المتَّحدة الأمريكيَّةُ وبُلدانُ الاتِّحادِ الأوروبيّ تحْظُرُ استيرادَ العاج في مُحاولةٍ لِحمايةِ الفِيَلةِ الإفريقيَّة.

1996 الپاناي لَبُونٌ جديدٌ أشبَهُ بالسناجيب، يُكتشَفُ في الفيليبين.

1997 النَّعْجةُ دُوللي، أوَّلُ لَبُونٍ بالِغٍ يُسْتَنْسَخُ في مَعهد رُوسْلين باسكُتلندا.

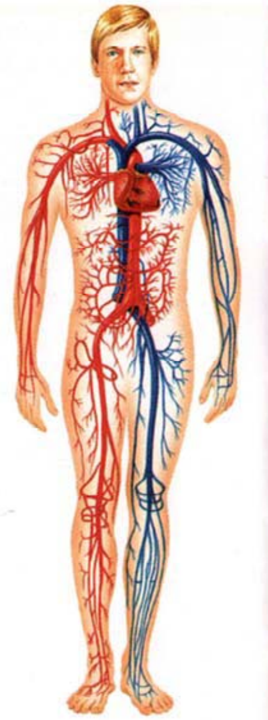
1998 الترنْغسون مُنْتجاك نوعٌ جديدٌ من الأيايِل، يُكتشَفُ في ڤيتْنام.

1998 الاتِّحادُ الدوليُّ للحِفاظ على الطبيعة والمَوارِدِ الطبيعيَّة يُعْلِنُ أنَّ 34 000 نوعٍ نَباتيّ، أي حوالى 12% من الأنواع النباتيَّةِ على الأرض، مُهَدَّدةٌ بالانْقِراض.









الفَصْلُ الثَّالث

البَيُولوجيَة البَشَريَّة



الجِنْسُ البَشَرِيُّ هو الأكثَرُ ذكاءً وتَقَدُّمًا بينَ مَلايين الكائناتِ الحيَّةِ المُتَواجِدةِ على الأرض. ومن ميزاتِ ذكائنا أنّا واعُونَ لِذواتنا وما يَجْري حولَنا، وأنّا قادِرون على دراسةِ البَيُولوجيَة البَشَريَّة - بما فيه تركيبُ أجْسادِنا وطرائقُ عَملِها.



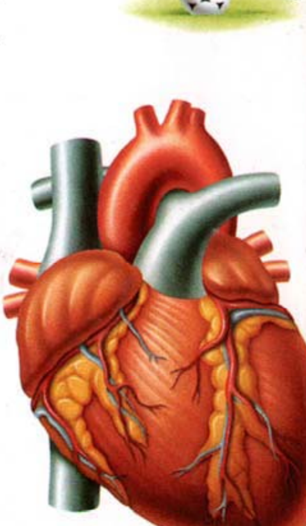
هنالك أكثَرُ من ستَّةِ بَلايين شَخْصٍ على الأرض - كُلٌّ منهم فَريدٌ ومُتَميِّزٌ من حيثُ الشخصيَّةُ والمَظْهرُ وشَكْلُ الجِسْم وحَرَكاتُه - كما في لَونِ الجِلْدِ والشَّعْر والعَيْنين. حتَّى التَّوأمانِ الطَّبيقان - اللذان يتقاسمانِ المادَّةَ الوِراثيَّةَ نَفْسَها - هما ذَوا بَصَماتٍ مُتَمايزةٍ وتَبايُناتٍ أُخرى. لكنْ رُغْمَ كُلِّ هذه الاخْتِلافات، فإنَّ جميعَ الأَجْسامِ البَشَريَّةِ تَعْمَلُ عُمومًا بالطريقةِ نَفْسِها.

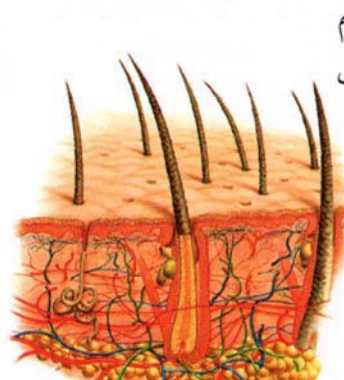


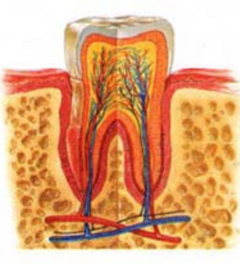
على مَدى آلافِ السِّنين، كانت المَعْلوماتُ والنَّظريَّاتُ حولَ بِنْيةِ الجِسْم البَشَريِّ ووَظائفِه وأمراضِه تعتَمِدُ على الأساطيرِ والسِّحْرِ أكثَرَ مِنها على الخِبْرةِ والمُلاحظةِ العِلميَّة. ورُغْمَ ما حقَّقهُ الأطبّاءُ العَرب كابن سينا والرازي والزهراوي وابن النفيس لم تُجْرَ دِراساتٌ تَشْريحيَّةٌ دَقيقةٌ حتَّى القرنِ السادِسَ عَشَر.

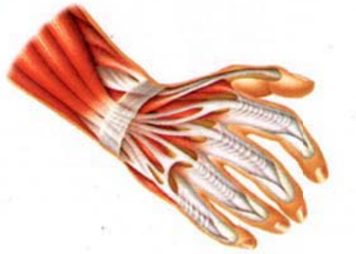


ومُنْذُ القرنِ السابعَ عَشَر، بدأَ البَيُولوجيُّون والأطبّاءُ يعتمدون أكثَرَ فأكثَرَ على الأساليبِ العلميَّةِ لِتقَصِّي تراكيبِ الجِسْمِ البَشَريِّ ووَظائفِه وأمراضِه. وقد سرَّعتْ عمليَّاتُ التقَصِّي هذه وعزَّزتها اخْتِراعاتٌ واكتِشافاتٌ مُدهِشَةٌ كالمَجاهِر والأشِعَّةِ السينيَّة والمُضادّاتِ الحيَويَّة. ومع نِهايةِ القَرنِ العِشْرين أضحَتْ تراكيبُ الجِسْمِ ووَظائفُها واضحةً ومَفْهومةً تمامًا، ونجحَ الطِّبُّ في مُعالَجةِ مُعظمِ الأمراض. وتَسْعى الأبْحاثُ الحاليَّةُ، مع تحقُّقِ بعضِ النجاحات، إلى تَعْيينِ هُويَّةِ الجينُوم البَشَريِّ - مُخَطَّطِ الحياةِ البَشَريَّة - وانْتباطِ وَسائلَ وأساليبَ لِمُعالَجةِ الأمراض المُرَمَّزة في ثنايا المادَّةِ الوِراثيَّةِ البَشَريَّةِ في الجِينات.







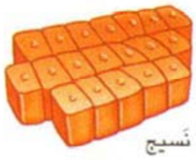


تَرْكيبُ الجِسْمِ ومَنْظوماتُه

يَتألَّفُ الجِسْمُ البَشَريُّ من أكثَرَ من 50 ترلْيون (ترليون = 10^{12}) وَحْدةٍ حَيَّةٍ مِجْهريَّةٍ تُسَمَّى الخلايا. وهذه الخلايا تَقومُ بِمُهِمَّاتٍ مُعَيَّنةٍ لِضَمانِ أَداءِ الجِسْمِ عملَهُ على الوَجْهِ الأَكْمَل.



خَليَّة



نَسيج



عُضْو



جِهاز (مَنْظومة)

مَجْموعاتٌ من الخلايا الكَبِديَّةِ تُكَوِّنُ نَسيجًا. وهذا النَّسيجُ، مُضافًا إلى أنسِجَةٍ أُخرى، يُؤلِّفُ العُضْوَ المُسَمَّى الكَبِد. والكبدُ مع ما تَتَّصِلُ به من أعضاءٍ أُخرى تُؤلِّفُ جِهازَ الهَضْم.

الجِسْمُ البَشَريُّ مُنَظَّمٌ حسَب تَراتُبٍ أو تَسَلْسُلٍ من مُسْتَوياتٍ مُتَبايِنةِ التَّعْقيد - بَدْءًا من جُزَيْئاتٍ بَسيطةٍ حتَّى لِجِسْمٍ ذاتِه. فالجُزَيْئاتُ، كجُزَيْئاتِ الكربُوهِدراتات والدُّهون والحوامض النَّوَويَّة والبروتينات، تُشكِّلُ الوَحَداتِ البِنائيَّةَ التي منها تتألَّفُ الخلايا. وهي تُسْهِمُ أيضًا في التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ المُسَمَّاةِ إجمالًا الأَيْض (الاستِقْلاب). فعمليَّةُ الأَيْضِ في الجِسْمِ تَتعامَلُ مع تلك الوَحَداتِ البِنائيَّةِ لِتُكوِّنَ وَحَداتٍ حيَّةً دَقيقةً تُسَمَّى الخلايا. ولكي تظَلَّ الخليَّةُ حيَّةً وتُؤمِّنَ الطاقةَ للجِسْم، تحتاجُ كُلُّ خليَّةٍ إلى مَدَدٍ مُسْتَمِرٍّ من الغِذاءِ والأُكسِجين.

الخلايا الخاصَّةُ المُتَماثِلَةُ تَركيبًا ووَظيفةً تَتضامُّ معًا لِتُكوِّنَ أنسِجةً، وهذه الأنسِجةُ تؤدِّي وظائفَ مُتَبايِنةً في الجِسْم. وتَجْتَمِعُ عِدَّةُ أنماطٍ مُخْتَلِفةٍ من الأنسجةِ لِتُكوِّنَ بِنًى هي الأعضاءُ التي يَقومُ كُلٌّ منها بِمُهِمَّةٍ أو بِمُهِمَّاتٍ مُعيَّنة. وقائمةُ الأعضاءِ طويلةٌ تَشْمَلُ العَيْنينِ والكُلْيَتَيْنِ والكَبِدِ والرِّئتَيْنِ والمَعِدَة. فالمَعِدَةُ، مثلًا، تَخْتَزِنُ الطَّعامَ وتُفكِّكُه خِلالَ عمليَّةِ الهَضْم. وهي مع الأعضاءِ الأُخرى ذاتِ العلاقةِ تؤلِّفُ جِهازَ الهَضْم. ولا يَقْتَصِرُ عَمَلُ هذا الجهازِ على هَضْمِ الطعامِ فقَطْ بل هو أيضًا يمتَصُّ المُغَذِّياتِ المُفيدةَ من الطَّعامِ إلى مَجْرى الدَّمِ ويَطْرَحُ الفَضَلات. جِهازُ الهَضْمِ هو واحدٌ من 12 جِهازًا - تعمَلُ كُلُّها معًا لِتأمينِ قيامِ الجِسْمِ بالوَظائفِ الضروريَّةِ للبَقاء.



يَبْدو كُلُّ فَتًى وفتاةٍ في هذه الصُّورة مُختلِفًا تَمامًا عن أترابه. وباستِثْناءِ الاختِلافات بينَ الذُّكورِ والإناث، فإنَّ جميعَهُم مُتماثِلون في التركيبِ الجُسْمانيِّ الأساسيِّ نَفْسِه الذي يعمَلُ بالطرائقِ نَفْسِها تمامًا.

الأنسِجَة

يتألَّفُ الجِسْمُ من أربعةِ أنماطٍ أساسيَّةٍ من الأنسجة. فالأنسِجَةُ الظِّهاريَّةُ هي خلايا مُحْكَمَةُ التَّراصّ بحيثُ تشكِّلُ بِطاناتٍ مَسيكةً لِسُطوحٍ كالجِلْد، وكبطانةِ جهازِ الهَضْم. الأنسِجَةُ الضَّامَّةُ، التي تشمَلُ الغضاريفَ والعَظْم، تُكْسِبُ الجِسْمَ تَماسُكًا وتُهيِّئُ له كِيانًا هَيكليًّا عامًّا. والأنسِجَةُ العضليَّةُ تتألَّفُ من خلايا تَنْقَبِضُ (تَتوتَّرُ) لِتَحْريكِ الجِسْم. والأنسِجَةُ العَصَبيَّةُ، في الدِّماغِ والأعْصاب، تتألَّفُ من شَبَكةٍ من الخلايا ناقِلَةِ الإشارات العَصَبيَّةِ الكَهربائيَّة. وتَحوي مُعظمُ الأعضاءِ أنماطَ الأنسِجَةِ الأربعةِ كُلَّها. والخلايا، داخِلَ الأنسِجَة، مُحاطةٌ بمائعٍ نَسيجيٍّ يُوَفِّرُ لها بيئةً مُسْتَقِرَّةً ويَنْقُلُ لها الغذاءَ والأكسِجينَ ويُزيلُ الفَضَلات.

أَجْهِزَةُ الجِسْمِ ومَنْظوماته

هنالك 12 جهازًا رئيسيًّا في جِسْمِ الإنسان. سَبْعةٌ منها مُبَيَّنةٌ هنا، والخَمْسةُ غيرُ المُبَيَّنةِ تَشْمَلُ جِهازَ التنَفُّس، والجِهازَ الغِطائيَّ (الجِلْدَ والأظافِر)، وجِهازَ التناسُلِ (الذَّكَريّ والأُنثويّ) والجِهازَ البَوْليّ، وجِهازَ المَناعة. كُلُّ جهازٍ يُنَفِّذُ عمليَّةً واحدةً أو أكثرَ ضَروريَّةً لاستِمْراريَّةِ الحياة. فجِهازُ الدَّورةِ الدَّمويَّة، مثلًا - الذي يَشْمَلُ القَلْبَ والأوعيةَ الدَّمويَّةَ والدَّمَ - يَنْقُلُ الغِذاءَ والأكسِجينَ إلى كافَّةِ خلايا الجِسْمِ ويُزيلُ فَضَلاتِها.



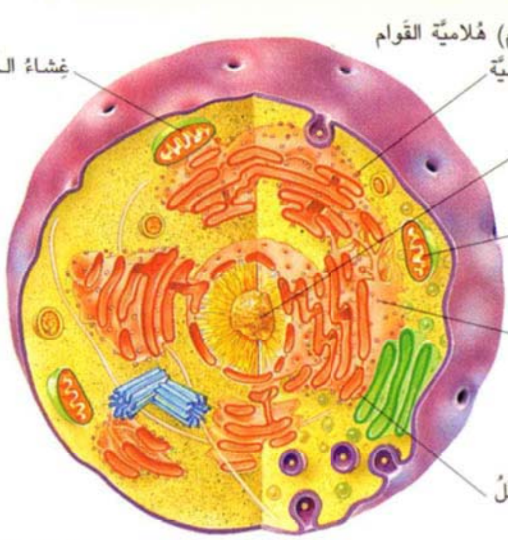
◄ العِظامُ، كمَجموع، تُؤلِّفُ الهيكلَ العَظْميّ، الذي يَدْعَمُ الجِسْم.

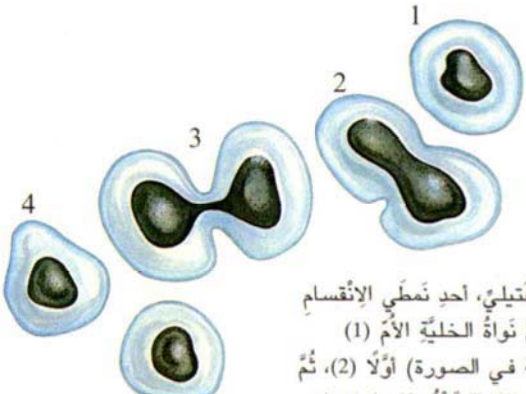


◄ العَضَلاتُ تُؤلِّفُ الجُمْلَةَ العَضَليَّة، التي تُمَكِّنُ الجِسْمَ من الحَرَكة.



◄ الدِّماغُ والأَعْصابُ تُؤلِّفُ الجُمْلَةَ العَصَبيَّة، التي تتحَكَّمُ بِمُعظمِ وَظائفِ الجِسْم.





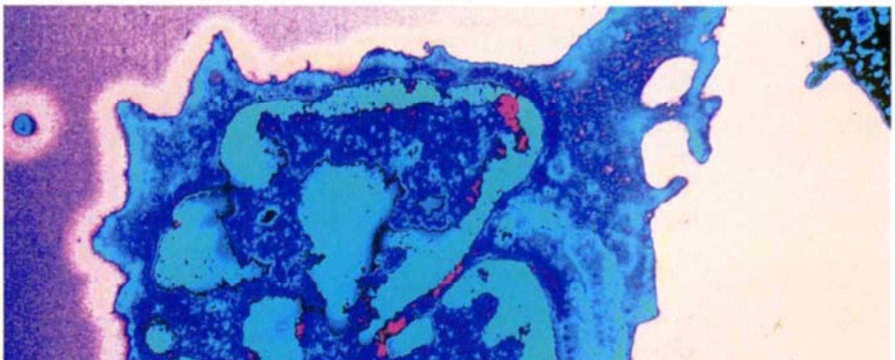
في الانْقِسام الفَتيليّ، أحدِ نَمطَي الانْقِسامِ الخَلَويّ، تَنْقَسِمُ نَواةُ الخليَّةِ الأمّ (1) (المِنْطقةُ الداكِنَة في الصورة) أوَّلًا (2)، ثُمَّ تَنْقَسِمُ الهَيُولى (3) (السَّيْتُوبلازم) لإنتاجِ خليَّتَيْن وَليدتَيْن مُتماثِلَتَيْن تمامًا (4).

رُغْمَ أنَّ الخلايا المُخْتلِفةَ تتَّخِذُ أشكالًا وحُجومًا مُتنَوِّعةً، فهي تَبْدو، من الدَّاخِل، مُتَماثِلَةً تمامًا. فالعُضَيَّاتُ (الأعضاءُ الدَّقيقة) داخِلَ الخليَّة ذاتُ وَظائفَ مُعَيَّنةٍ تَعْمَلُ معًا لإنتاجِ خليَّةٍ حَيَّة.

الخلايا

رُغْمَ أنَّ الخلايا المُخْتلِفةَ تؤدِّي مُهِمَّاتٍ مُخْتلِفةً، فهي كُلُّها مُتَماثِلَةُ التركيب. فالغِشاءُ البِلازميُّ يَفْصِلُ كُلَّ خليَّةٍ عن مُحيطِها ويُتيحُ للموادِّ النَّفاذَ من الخليَّةِ وإليها. وفي داخِلِ الخليَّة تَطْفو عُضَيَّاتٌ دَقيقةٌ – هي النظائرُ المِجْهريَّةُ لأعضاءِ الجِسْم – في مادَّةٍ هُلاميَّةٍ مائيَّةٍ تُسَمَّى الهَيُولَى (السَّيْتُوبلازم). وتَقومُ العُضَيَّاتُ بِمَهامَّ مُخْتلِفةٍ، لكنَّها كُلَّها تتعاوَنُ في إنتاجِ خليَّةٍ حَيَّة. وأهَمُّ هذه العُضَيَّاتِ هي النَّواةُ – مَرْكزُ التحكُّمِ في الخليَّة؛ وهي تَضُمُّ المادَّةَ الوِراثيَّةَ (الجِينيَّةَ) على شَكْلِ الحامضِ النَّوَويِّ الرِّيبيِّ المَنْقوصِ الأكسجين (د ن أ) الذي يُوَفِّرُ المُخَطَّطَ العامَّ لِبناءِ الخليَّة وتَشْغيلِها. وتَشْمَلُ العُضَيَّاتُ الأُخرى مُتَقدِّراتٍ ورِيباسَاتٍ وشَبَكاتٍ هَيُوليَّةً باطنيَّةً.

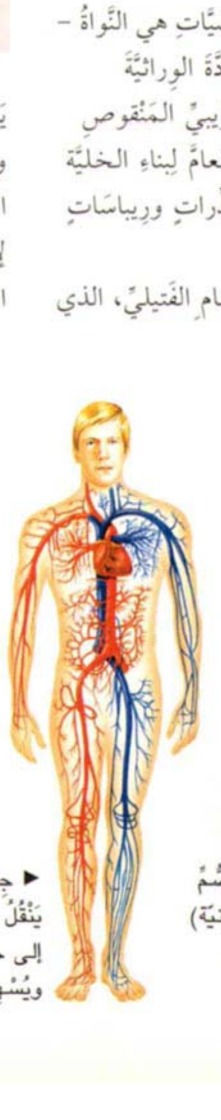
تَتكاثَرُ الخلايا بإحدى طريقتَيْن: الانْقِسامِ الفَتيليِّ، الذي يَحْدُثُ في سَائرِ أجزاءِ الجِسْمِ ويُمَكِّنُ الجِسْمَ من النَّماءِ ومن تَرْميمِ ذاتِه باستِبْدالِ الخلايا المُهْتَرِئة؛ والانْقِسامِ المُنَصِّفِ، الذي يَحْدُثُ فقط في الخُصْيَتَيْنِ والمَبِيضَيْنِ لإنتاجِ خلايا جِنْسيَّةٍ – نِطافًا وبُيوضًا – تُسْهِمُ في عمليَّةِ التَّناسُل.



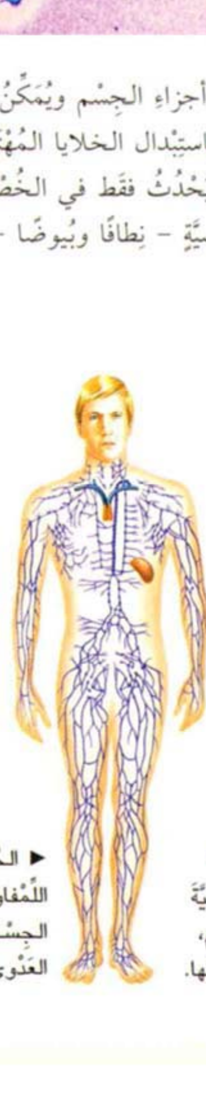
▲ هذه الصورةُ المُكَبَّرةُ تُبَيِّنُ خليَّةً لِمفاويَّةً تَتواجَدُ أمثالُها في الدَّم. تَشْغَلُ نَواةُ اللِّمْفاويَّةِ مُعظَمَ الحَيِّزِ بداخِلِها؛ وتؤدِّي اللِّمْفاويَّاتُ دورًا حَيَويًّا في حِمايةِ الجِسْمِ من الأمراض.



► جُمْلةُ الغُدَدِ الصُّمّ (المَنْظومةُ الهُرمونيَّة) تتحَكَّمُ في بَعْضِ عَمليَّاتِ الجِسْم.



► جِهازُ الدَّورة الدَّمويَّة يَنْقُلُ الكيماويَّاتِ الأساسيَّةَ إلى جميعِ خلايا الجِسْم، ويُسْهِمُ في إزالةِ فَضَلاتِها.



► الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ تُساعِدُ الجِسْمَ في مُقاوَمةِ العَدْوى.



► جِهازُ الهَضْمِ يَهْضِمُ الأطعمةَ مُحَوِّلًا إيَّاها إلى مادَّةٍ كَيلوسيَّةٍ صالِحَةٍ لأنْ يمتَصَّها الجِسْمُ ويَتمثَّلَها.

أنْظُر أيضًا

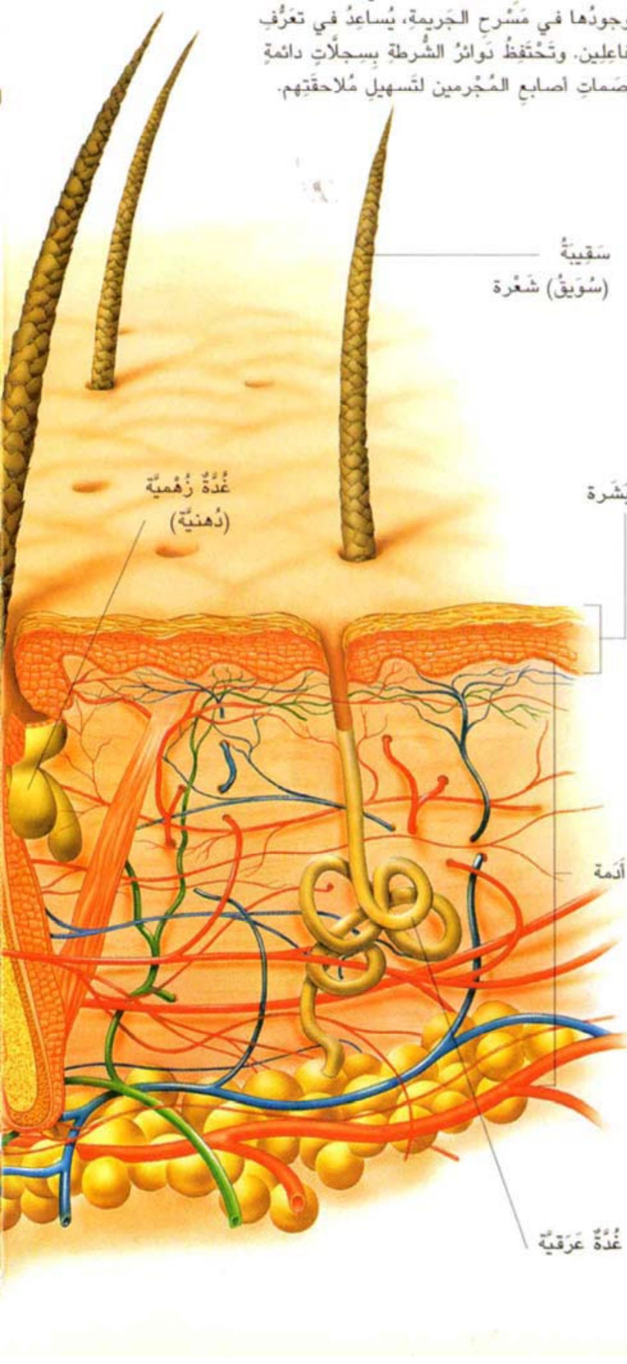
الدِّماغ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109
القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة ص 120 – 121
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
جِهازُ المَناعة ص 137

الجِلْدُ والشَّعْرُ والأَظافِر

جِلْدُ الشَّخصِ وشَعْرُه وأظافِرُه هي الأَجزاءُ المَرْئيَّةُ من جِسمه وهي تُشكِّلُ حاجزًا واقِيًا بينَ دَواخلِ الجِسْمِ وبينَ المُحيطِ حَوالَيه.



بَصَماتُ الاصابعِ فريدةٌ مُتَميِّزةٌ في كُلِّ شخص. ووجودُها في مَسْرحِ الجَريمةِ، يُساعِدُ في تعَرُّفِ الفاعِلين. وتَحْتَفِظُ دَوائرُ الشُّرطةِ بِسجِلّاتٍ دائمةٍ لِبَصَماتِ اصابعِ المُجْرمين لتَسهيلِ مُلاحقَتِهم.



الجِلْدُ غِطاءٌ حَيٌّ وَاقٍ يَزِنُ، في الشخص البالغ، حوالى 4 كيلوغرامات. وهو قادِرٌ على رأبِ ذاتِه إنْ جُرِحَ أو مُزِق. جِلْدُ الأجفان هو أرقُّ الجلد ويبلغُ سُمكُه حوالى مِليمتر واحِد. وأسْمَكُ الجِلدِ هو جِلْدُ أخمصِ القَدَمين إذْ تبلغُ سماكتُه حوالى 4 مليمترات.

يتألَّفُ الجِلْدُ من طَبَقَتَيْن: البَشَرةِ والأَدَمة. فالبَشَرةُ تُغَطّي سطحَ الجِلْد، وتتألَّفُ طَبَقاتُها العُلْيا من خلايا حَرْشفيَّةٍ مَيْتةٍ مَحْشوَّةٍ بِبروتينٍ صامِدٍ للماءِ يُسَمَّى القَرْنين (الكيراتين). هذه الخلايا المَيْتةُ تَبْلَى وتتأكَّلُ باستِمْرارٍ فتَحُلُّ مكانَها خلايا جَديدةٌ تتكَوَّنُ في البَشرةِ السُّفْلى. هنا أيضًا تُنْتِجُ الخلايا صِبْغَ المِلانين (القَتامين) - وهو الصِّبْغُ البُنّيُّ الذي يُلَوِّنُ الجِلْدَ. الحُيودُ الجِلْديَّةُ على الأَصابعِ تُساعِدُ في إحكامِ القَبْض؛ وإذا لُوِّنَتْ، بالحِبْرِ مثلًا، فإنَّها تسِمُ السُّطوحَ بأنماطٍ فَريدةٍ مُمَيِّزةٍ للشخص تُسَمَّى بَصَماتِ الأَصابع.

الأَدَمةُ أَسْمكُ من البَشَرة، وهي تَحوي أوعيَةً دَمويَّةً وغُدَدًا عَرَقيَّةً وجُرَيْباتِ الشَّعْرِ ومِحَسّاتٍ تَسْتَشْعِرُ الضغطَ والألَمَ ودرجةَ الحرارة واللَّمْس. وتَحوي الأَدَمةُ أيضًا غُدَدًا زُهميَّةً تُفرِزُ مادَّةً دُهنيَّةً تُطَرّي الجِلْدَ والشَّعْرَ وتجعَلُهما صامِدَين للماء.

للجِلْدِ وَظائفُ عَديدةٌ: فهو صامِدٌ ومَسيكٌ للماء. ويُساعِدُ الجِسْمَ في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تبلغُ 37°س. كما يُوَفِّرُ حاجزًا صادًّا للجراثيم فيَحْمي الجِسْمَ من الخَمَجِ والعَدْوى بالأمراض. كما إنَّ مُحتواه من المِلانين يَمْنَعُ أشِعَّةَ ضوءِ الشَّمْس المُؤذيَةَ من بُلوغِ الأَدَمة.



سَطْحُ الجِلْدِ السَّليم، تحتَ المِجْهَر، يَبْدو مُغَطًّى بقُشَيْراتٍ جِلْديَّةٍ دَقيقة. هذه القُشَيراتُ تَبْلَى وتتآكَلُ وتُطرَحُ باستِمْرارٍ من سَطْحِ البَشَرة لِتَحُلَّ مَكانَها قُشَيراتٌ جَديدة. ويُقَدَّرُ ما يَفْقِدُه الشخصُ من هذه القُشَيرات سَنَويًّا بحوالى 4 كيلوغرامات. وهي تؤلِّفُ جُزْءًا من الغُبارِ المَنْزِليّ.



يكونُ الشَّعْرُ جَعْدًا او مُتموِّجًا او مُسْتَرسِلًا سَبْطًا تبَعًا لِشَكْلِ جُرَيْباته. فالشَّعْرُ الجَعْدُ ذو سقائبَ (سُوَيْقاتٍ) مُسَطَّحةٍ، ويَنْمو من جُرَيْباتٍ مُنْفَرجةٍ شَقْبيَّةِ الشَّكْل.



يَبْدو الشَّعْرُ السَّبْطُ، عَبْرَ المِجْهَر، مُدَوَّرَ السُّويقات؛ وهو يَنْمو من جُرَيْباتٍ مُدَوَّرة الفُتحات.



الشَّعْرُ المُتموِّجُ بَيْضيُّ المَقْطَعِ العَرضيّ؛ وهو يَنْمو من جُرَيْباتٍ بَيْضَويَّةِ شَكلِ الفُتحات.

حَقائِقُ عن الشَّعْر

مَلايينُ الشَّعْر تُغَطِّي جسمَ الإنسان - منها أكثرُ من 000 100 شَعْرة في أعلى الرأس. شَعْرُ فَرْوةِ الرَّأس يُقَلِّلُ فَقْدَ الحرارةِ من الرأس ويَقيهِ من الأشِعَّةِ المُؤْذِيَة في ضوءِ الشَّمْس. الشَّفتانِ والراحتان (باطنُ اليدَين) والأخمَصان (باطنُ القدمَين) خالِيَةٌ من الشَّعْر.

والشَّعْرُ نَوعان: شَعْرٌ زغَبيٌّ ناعِمٌ يُغَطِّي أجسادَ الرِّجال والنِّساءِ والأولاد؛ وشَعْرٌ أخشَنُ وأقْسَى يَنْمُو على فَرْوةِ الرأس للجنسَيْن وعلى الوَجْه في الرِّجال. يَنْمُو الشَّعْرُ من حُفَرٍ في الأَدَمة تُسَمَّى جُرَيْباتٍ. فالخلايا في قاعدةِ الجُرَيْب تَتَنامَى بالانقِسام فتَدْفَعُ سَقيبةَ (سويقة) الشَّعْرة صُعدًا. خلايا السَّقيبةِ مَيْتَةٌ ومَحْشُوَّةٌ بِبروتين عاسٍ يُسَمَّى الكيراتِين (القَرْنين). شَعْرُ فَرْوةِ الرأس يَنْمُو بحوالى سَنتيمتر في الشَّهر. ويَعتمِدُ لونُ الشَّعْر على مِقْدارِ خِضْبِ المِلانين فيه.

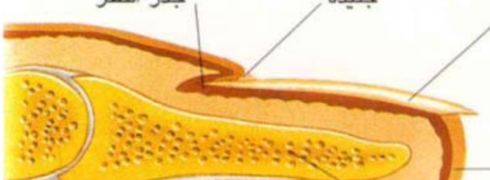


▲ قُطَيْراتٌ من العَرَق، مُكَبَّرةٌ 26 مَرَّةً، تَنْبثِقُ من مَسامِّ الغُدَدِ العَرَقيَّةِ على سَطْحِ الجِلْد. يَزْدادُ إفرازُ العَرَقِ منَ الجِسْم في الطَّقْسِ الحارِّ؛ فيَتبَخَّرُ من سَطْحِ الجِلْدِ ويُبَرِّدُ الجِسْمَ.

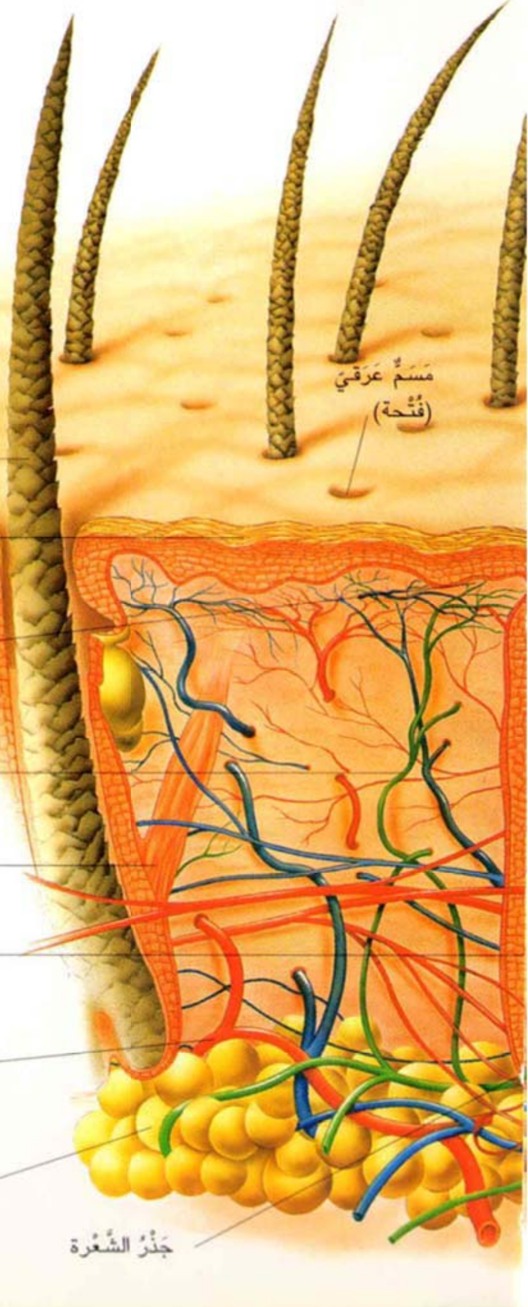
حقائقُ عن الأَظافِر

الأظافِرُ تُغَطِّي وتَحْمي الرُّؤوسَ الحَسَّاسةَ لأصابعِ اليد والأباخِس (أصابعِ القَدَمين). وهي مُفيدَةٌ في حَكِّ الجِلْد وفي التِقاطِ الأَجسامِ الصَّغيرة. ولا يَشْعُرُ الشَّخْص بألمٍ عند قَصِّ الأَظافِر لأنَّها مُؤلَّفةٌ من خلايا مَيْتَةٍ مَحْشُوَّةٍ بِبروتينِ القَرْنين (الكيراتِين).

يتألَّفُ الظُّفْرُ من طَرَفٍ طَليقٍ هو الجزءُ الذي يُقَصُّ، ومن جِسْمِ الظُّفْر - وهو جُزْؤه الرئيسيُّ الوَرْديُّ اللَّون، ومن جَذْرِ الظُّفر المُنْغَرِزِ في الجِلْد تحتَ الجُلَيْدة. وفي هذا الجذْرِ تَنْقَسِمُ الخلايا الحيَّةُ وتَنْدفِعُ أمامًا بنُمُوِّ الظُّفْر. والأظافِرُ تَطُولُ بحوالى 5 مليمترات شَهْرِيًّا، وهي أَبْطأُ شِتاءً مِنها صَيْفًا، وأسرعُ في اليَدِ السَّائدة - وهي اليَدُ اليُمْنى غالبًا.



يَنْمُو الظُّفْرُ من مواقعَ ثَلاثة - الجَذْرِ عند قاعدةِ طرفِ الإصبَع، والجِلْدِ تحتَ الظُّفْر، والعَظْمِ داخِلَ الإصبَع.



► رُغْمَ أنَّ إجماليَّ سُمْكِ الجِلْدِ لا يَتجاوزُ 2 ملم، فإنَّ تركيبَهُ مُعَقَّدٌ. فالبَشَرةُ تكَوِّنُ سَطحًا واقيًا رَقيقًا يتآكَلُ ويُطْرَحُ باستِمرار ليَحُلَّ محلَّه سطحٌ جديد. وتحوي الأَدَمةُ، وهي الطبقة الأَسْمَكُ تحتَ البَشَرة، جُرَيْباتٍ، يَنْمُو منها الشَّعْر؛ وأوعيةً دمويَّةً تُزَوِّدُ خلايا الجِلْدِ بالغذاءِ والأُكسجين؛ ونهاياتِ أعصابٍ تَستَشْعِرُ الألَمَ والضَّغْطَ ودرجةَ الحرارة واللَّمْس؛ وغُدَدًا عَرَقيَّةً تُفْرِزُ عَرَقًا مُبَرِّدًا.

أُنْظُر أيضًا

اللَّمْس ص 112، الدَّم ص 122
البَكتِريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

الهَيكلُ العَظْميّ

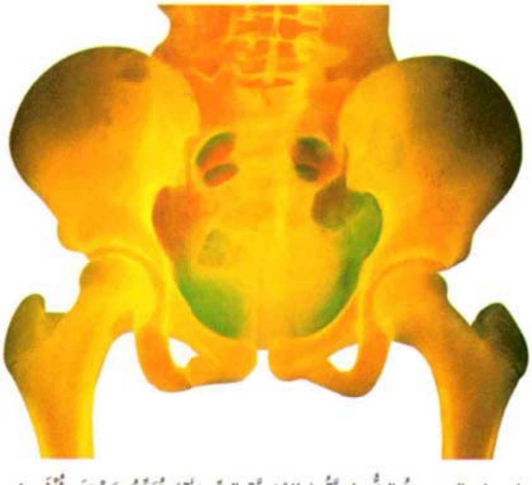
الهَيكلُ العَظْميُّ إطارٌ مَرونٌ (قابِلٌ للثَّني) يَدعَمُ الجِسْمَ ويَحْفَظُ شَكْلَه، ويَحْمي الأعضاءَ الحيَويَّةَ فيه كالدِّماغ والرِّئتَين - كَما يُرْسِي العَضَلاتِ التي تُحَرِّكُ الجِسْم.

على مَدى قُرونٍ عديدة ظَلَّ الناسُ يَعتقدون أنَّ العِظامَ بِنًى عديمةُ الحياة هَدَفُها الرئيسيُّ دَعْمُ وحِماية الأنْسجةِ النَّشيطةِ الألْيَنِ حولَها. ثُمَّ أخذَ العُلماءُ يُدرِكون تَدْريجيًا أنَّ العِظامَ فائقةُ الحيَويَّة - لها أوعيتُها الدمويَّةُ الخاصَّة. وهي دائمةُ إعادةِ الهَيْكلةِ والتَّشَكُّل.

الهَيْكلُ العَظْميُّ ليسَ إطارَ دَعْمٍ للجِسْم فَحَسْب - فالمفاصِلُ المَرونةُ بين مُختلِفِ العِظام فيه تُمَكِّنُها من التحَرُّكِ عندما تشُدُّها العَضَلات. وهو أيضًا يَحْمي أعضاءَ حيَويَّةً في الجِسْم، كالدِّماغِ داخلَ الجُمْجُمة والقَلْب والرئتين في القَفَصِ الصَّدْريّ. والعِظامُ نَفْسُها تعمَلُ كمَخْزَنٍ للكالسيوم ولِمَعادنَ أُخرى. فالكالسيومُ والفُسفورُ مَعدنان أساسيَّان لقِيامِ العَضَلاتِ والأعصابِ بعَملِها على أكمَلِ وَجْه. وتُصَنِّعُ العِظامُ أيضًا أنماطًا مُختلِفةً من كُرَيَّاتِ الدَّم. والهيكلُ العَظميُّ يَحْوي غضاريفَ تُغَطِّي أطرافَ العظام في المَفاصِل، كما تُشَكِّلُ جُزءًا من المَنْظومةِ الهيكليَّةِ نَفْسِها في الأُذُنِ والأنْفِ وبينَ القَصِّ (عَظْمِ الصَّدْر) والأَضْلاع.



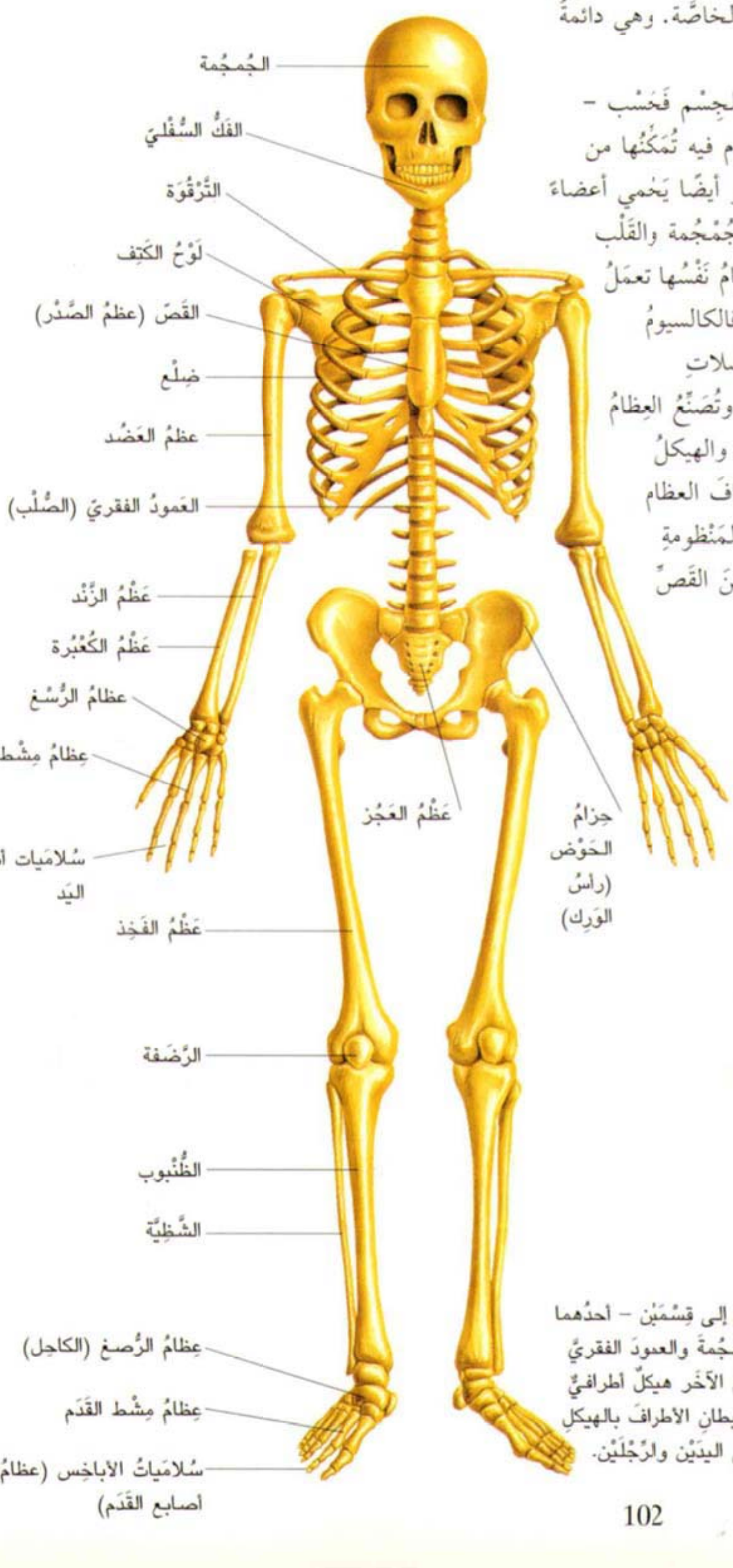
هنالك أكثَرُ من 20 عظمًا في الجُمْجُمةِ البَشَريَّة تُوَفِّرُ مُجتَمِعةً مَعْلوماتٍ دقيقةً حوْلَ شَكْلِ الوَجْه والرأس. ويَستَخْدِمُ العلماءُ هذه المَعْلومات لإعادةِ هَيْكلةِ العَضَلاتِ والجِلْدِ بالطِّين حوْلَ جُمْجُمةٍ أحفوريَّةٍ لإعادةِ تَخْليقِ وُجوهِ أُناسٍ عاشوا منذُ عَهدٍ بَعيد.



▲ هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ (بالأشِعَّةِ السِّينيَّة) تُبَيِّنُ حَوْضَ أُنْثَى في عامِها الثالثَ عشَر. وهي تَشْمَلُ عَظْمَي الوَرِك وعظمَي الفَخِذَيْن والجُزْءَ السُّفْليَّ من العَمودِ الفَقَريّ. وتُسْتَخْدَمُ الصورُ الشُّعاعيَّةُ عادةً لتَصْويرِ أجزاءٍ من الهَيكلِ العَظْميّ.

أَنْماطُ العِظام

تُصَنَّفُ أنواعُ العِظامِ الرئيسيَّةُ الأربعةُ بحَسَبِ أشكالِها وحُجومِها. فالعِظامُ الطويلةُ، كعَظْمِ الفَخِذ، مُهايأةٌ لِمُقاوَمةِ الإجهاد. والعِظامُ القَصيرة تَشْمَلُ عِظامَ المِعْصَم. والعِظامُ المُسَطَّحةُ، كالأَضلاع، هي غالبًا عِظامٌ واقِيَة. والعِظامُ اللامُنْتَظِمةُ تَشْمَلُ الفَقَار.



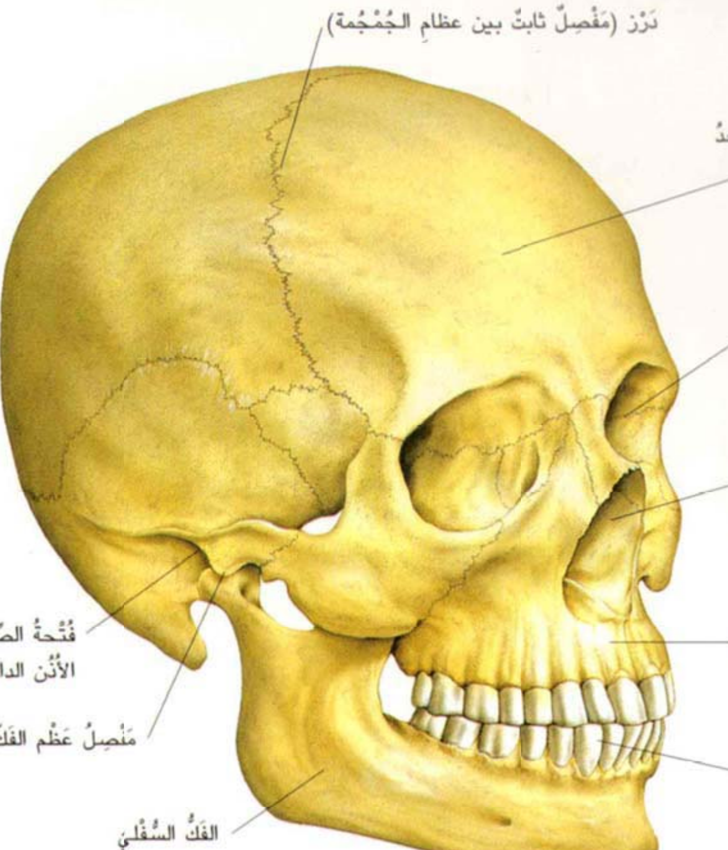
◄ يتألَّفُ الهَيكلُ البَشَريُّ للإنسانِ البالِغ من 206 عِظام. ويُمكِنُ قِسْمَةُ هذا الهيكل إلى قِسْمَيْن - أحدُهما هَيكلٌ مِحْوريٌّ يُكَوِّنُ المِحْوَرَ الرئيسيَّ للجِسْم، ويتألَّفُ من 80 عَظْمًا تؤلِّفُ الجُمجُمةَ والعمودَ الفقريَّ والأَضلاع. وهذا القِسْمُ يَحْمي الدِّماغَ والنُّخاعَ الشوكيَّ والقَلْبَ والرِّئتين. والقِسْمُ الآخَر هيكلٌ أطرافيٌّ يتألَّفُ من الطَّرَفَيْن العُلْويَّيْن والسُّفْليَّيْن ومن حِزامَيِ الصَّدْرِ والحَوْض اللَّذَيْن يَربطانِ الأطرافَ بالهيكلِ المِحْوريّ. يتألَّفُ هيكلُ الأطرافِ من 126 عظمًا - كلُّها عدا 20 منها، تتواجَدُ في اليدَيْن والرِّجْلَيْن.

جُمْجُمةُ الإنسان

تَكَوِّنُ الجُمْجُمةُ الشَّكْلَ الأساسيَّ للرَّأس وتَحْمي الدِّماغ. وهي تتألَّفُ من 22 عَظْمًا – ثمانيَةٌ منها تؤلِّفُ القِحْفَ الذي يَسْند الدِّماغَ ويَحميه. وتكَوِّن الأربعةَ عشَر عظمًا الأُخرى تركيبَةَ الوَجْه. وتترابطُ جميعُ هذه العِظام، عدا الفَكِّ السُّفْليّ، بمفاصِلَ ثابتةٍ تُسَمَّى دُروزَ (ج. دَرْز) الجُمْجُمة. أمَّا الفَكُّ السُّفْليُّ فقادِرٌ على التحَرُّك بِحُرِّيَّةٍ مُتيحًا فَتْحَ الفَم وغَلْقَه. وتَضُمُّ الجُمْجُمةُ أيضًا ثلاثةَ أزواجٍ من عُظَيْماتِ السَّمْعِ في كِلْتا الأُذُنَين.

مَنْظَرٌ مُفصَّلٌ (مُفَكَّكٌ) للجُمْجُمة





الهَيكلُ المِحْوَريّ

يتألَّفُ الهيكلُ المِحْوَريُّ من الجُمْجُمةِ والعَمودِ الفَقَريّ (الصُّلْب) والأَضْلاعِ والقَصّ. وتَضُمُّ الجُمْجُمةُ الدِّماغَ وأَعضاءَ الحِسِّ الرئيسيَّة – العَيْنين والأُذُنين واللِّسانَ والأَنْف. وهي تَحْوي أيضًا فُتحاتٍ لجِهازَي الهَضْم والتنَفُّس. ويتألَّفُ العَمودُ الفَقَريُّ المَرِن، القابِل للثني بشَكْل حرف S، من 26 عَظْمًا غير مُنْتَظِمةٍ تُسَمَّى الفَقار (أو الفَقَرات) تَدْعَمُ الجِسْمَ بكامِلِه. وتُساعِدُ العَضَلاتُ والأَربِطَةُ المُتَّصِلةُ بنُتوءاتٍ عظميَّةٍ على الفَقَرات في إبقاءِ العَمودِ الفَقَريِّ (الصُّلْب) مُنْتَصِبًا. الفَقارُ الرَّقَبيَّةُ السَّبْعُ تَدْعَمُ الرَّقَبةَ والرأسَ، والفَقَارُ الصَّدْريَّةُ الاثنا عَشْرة تُشكِّلُ مَفاصِلَ مع الأضلاع، والفَقَراتُ القَطَنيَّةُ الخَمْسُ تَحْمِلُ مُعْظَمَ وَزْنِ الجِسْم. ويتألَّفُ العَجُزُ والعُصعُص من فَقارٍ مُلْتَحِمةٍ تَصِلُ العمودَ الفَقَريَّ بِحِزام الحَوْض.

قَفَصُ الأَضْلاع (القفَصُ الصَّدْريُّ) يَحْمي الأَعضاءَ الصدريَّةَ، ويُساعِدُ أيضًا في عمليَّةِ التنَفُّس. وهو يتألَّفُ من القَصِّ ومن اثْنَي عَشَر زَوجًا من الأَضلاع المُقَوَّسةِ المُسَطَّحة؛ وتُكَوِّنُ هذه الأَضلاعُ، كُلٌّ في أحدِ طَرَفَيْه، مَفاصِلَ اتِّصالٍ مع الفَقَارِ الصدريَّة. أزواجُ الأَضلاع السَّبْعةُ العُلْيا (وتُسَمَّى الأضلاعَ الحقيقيَّة) تتَّصِلُ بالقَصِّ بواسِطةِ غَضاريفَ ضِلْعيَّة. والأَزْواجُ الخمسة التالية (المُسَمَّاة الأَضلاعَ الكاذِبَة) تتَّصِلُ بالأَضْلاع الحقيقيَّة مع ملاحظة أنّ زوجَي الأضلاع السُّفليَّين من الأضلاع الكاذبة (الأضلاع السائبة) فلا يَتّصلان إلّا بالفَقَارِ الصدريَّة فقط.



عُظَيْماتُ السَّمْع الثلاث (في الأُذُن الوُسْطى) هي أصغَرُ العِظام في جِسْم الإنسان. وهي تَتَمَوْضَعُ داخِلَ العَظْم الصُّدْغيّ على جانِبَي الجُمْجُمة.

هَيكلُ الأَطْراف

يتألَّفُ هيكلُ الأطرافِ من عِظامِ اليدَيْن والرِّجْلَيْن ومن الحِزامَيْن اللذين يَرْبطانِها بالجِسْم. يتألَّفُ الحِزامُ الصَّدْريّ من لَوْح الكَتِف والتَّرْقُوَة؛ ويتألَّفُ الحِزامُ الحَوْضيُّ من عَظْمَي الرِّدفَين (المُكَوَّن كُلٌّ منهما من التِحام عِظام الحرقفة والوَرِك والعانة). وهو يَحْمِلُ وَزْنَ الجِسْم العُلْويّ. وتحوي اليَدانِ والقَدمان كثيرًا من العِظام الصغيرة. اليَدانِ تَتناوَلان وتُعالِجان الأَجْسام؛ والقَدمان تُساعِدانِ في توازُنِ الجِسْم.

اُنْظُر أيضًا

العِظامُ والمَفاصِل
ص 104 – 105
العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
الأُذُنان والسَّمْعُ والتَّوازُن
ص 116 – 117

العِظامُ والمَفاصِل

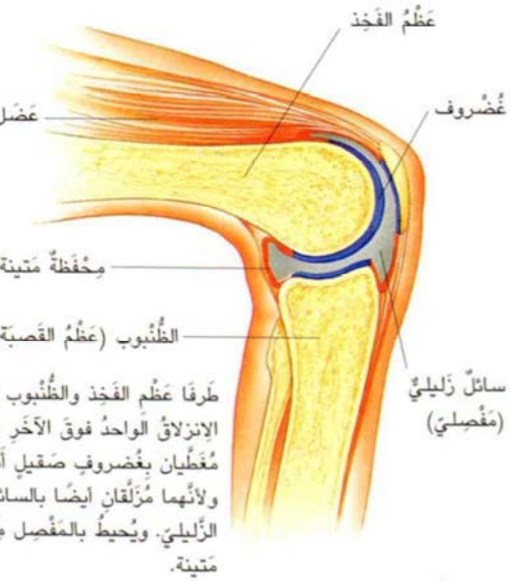
العَظْمُ نَسيجٌ حَيٌّ يتميَّزُ بالقُوَّةِ والخِفَّة. وال 206 عِظام التي تؤلِّفُ الهيكلَ العَظْميَّ تَترابَطُ معًا في مَفاصِلَ يَتحَرَّكُ مُعْظَمُها بِحُرِّيَّة.



هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ تُبيِّنُ بوُضوحٍ كَسْرًا مُزْدَوجًا في عَظْمَي الزَّنْد (إلى اليَسار) والكُعْبُرة (إلى اليَمين). عند التجبير يَجِبُ إعادةُ الأطرافِ المَكْسورة إلى مَواقِعها بواسطةِ الطَّبيبِ المُجَبِّر حتَّى تَلْتحِمَ كما يَنْبغي عندَ الْتئام العَظْمَين. لاحِظْ عظامَ اليَد المُبَيَّنةَ في أعلى الصُّورة.

قِلَّةٌ من البِنَى والتراكيبِ تَسْتطيعُ مُجاراةَ العَظْم من حيثُ القُوَّةُ وخِفَّةُ الوَزْن. كُلُّ العِظامِ تتألَّفُ من مادَّةٍ صَلْدةٍ تُدعى المَطْرِق (أو الكِنان) الذي يَحوي خلايا عظميَّةً مُتباعِدَةً ومُترابطة بخُيوطٍ هَيُوليَّة. ويتألَّفُ مَطْرِقُ العَظْمِ من قِسْمَيْن رئيسيَّيْن: بُروتينٍ يُسَمَّى المِغْراء (الكُلاجين) يُوَفِّرُ المَرانة، وأملاحٍ مَعْدنيَّةٍ، بخاصَّةٍ فُسْفات الكالسيوم، تُوَفِّرُ القُوَّة. وبفَضْلِ هٰذين المُقَوِّمَين يُصْبِحُ العَظْمُ بِقُوَّةِ الفُولاذ لكِنْ خَمْسَ مَرَّاتٍ أخَفّ.

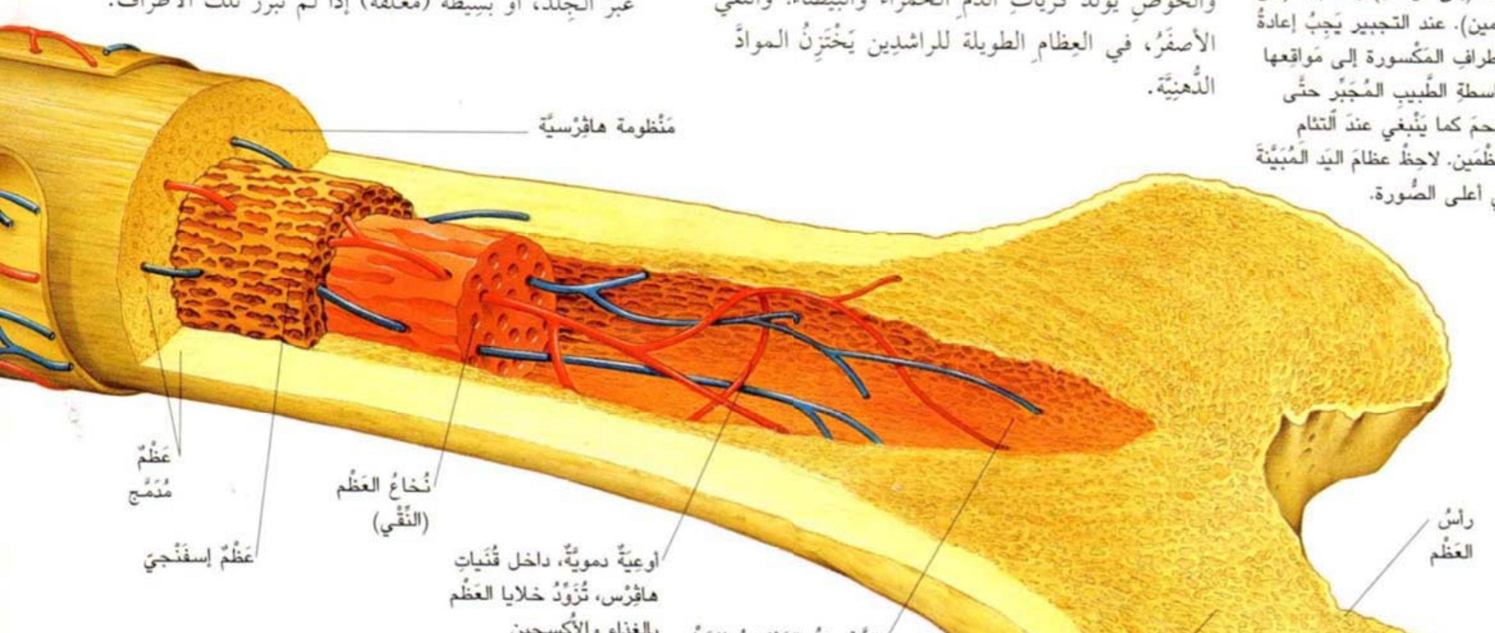
يتَّخذُ المَطْرِقُ شَكْلَين في العِظام: عَظْمًا مُدَمَّجًا صَلْدًا يكَوِّنُ الطبقةَ الخارجيَّة، وعَظْمًا إسفَنْجيًّا أخفَّ يكَوِّنُ الطبقةَ الداخليَّة. العِظامُ الطويلةُ، كعَظْمِ الفَخِذ، تَحوي تَجْويفًا (قَنَويًّا) مَرْكزيًّا مَليئًا بالنِّقْي (نُخاع العَظْم). هذه المادَّةُ الهُلاميَّةُ الشَّكْلِ تَمْلأُ أيضًا الفَجَواتِ ضِمْنَ العَظْمِ الإسفَنْجيّ. النِّقْيُ الأحمرُ في الجُمْجُمةِ والأضْلاع والحَوْضِ يُوَلِّدُ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراءَ والبيضاء؛ والنِّقْيُ الأصفَرُ، في العِظامِ الطويلة للراشِدين يَخْتَزِنُ الموادَّ الدُّهنِيَّة.



طَرفَا عَظْمِ الفَخِذ والظُّنْبوب يُمكِنُهما الانزلاقُ الواحدُ فوقَ الآخَرِ لأنَّهما مُغَطَّيان بِغُضروفٍ صَقيلٍ أمْلَس، ولأنَّهما مُزَلَّقانِ أيضًا بالسائلِ الزَّليليّ. ويُحيطُ بالمَفْصِل مِحْفَظةٌ مَتينة.

الكُسورُ والتَّجْبير

تَنكسِرُ العِظامُ إذا تعرَّضَتْ لإجهادٍ شَديدٍ يَفوقُ قوَّةَ تَحمُّلِها. وعندَ حُدوثِ ذلك تَتكَوَّنُ خُثْرَةٌ دمويَّةٌ بين الطَّرفَيْن المكْسُورَيْن، بينما تُفْرِزُ خلايا العَظْمِ مَطْرِقًا جديدًا. وتكونُ الكُسورُ مُرَكَّبَةً (مَفْتوحةً) إذا برزَتْ أطرافُ العِظام المكسُورةِ عَبْرَ الجِلْد، أو بَسيطةً (مُغْلَقةً) إذا لم تَبْرُزْ تلك الأطراف.



بِنْيةُ العَظْم

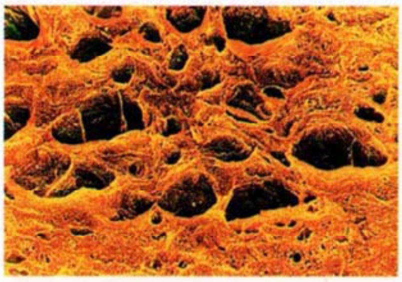
يُبيِّنُ هذا المَقْطعُ بِنْيةَ العَظْم الحَيّ. تتألَّفُ الطَّبَقةُ الخارجيَّةُ للعَظْم المُدَمَّج الصَّلْد من وَحَداتِ بِناءٍ أُسْطُوانيَّة، تُسمَّى مَنْظومات هافِرْس، تَمْتَدُّ على طُولِ العَظْم فتُكْسِبُه قُوَّةً. وضِمْنَ العَظْمِ المُدَمَّجِ يُوجَدُ عَظْمٌ إسْفَنْجيٌّ أخَفُّ، لِكَونه منظومةً مَفْتوحةً من الدَّعائم والفَجَوات، لكِنّه قويٌّ جِدًّا ويُقاوِمُ الانْثِناء. التَّجْويفُ المَرْكزيُّ للعَظْم يَحْوي نُخاعَ العَظْم (النِّقْي) الذي يَملأُ أيضًا فَجَواتِ العَظْمِ الإسفَنْجيّ. ويَحْمي العَظْمَ غِشاءٌ عاسٍ، يُسَمَّى السِّمْحاق، تَمُرُّ عَبْرَهُ أوعِيَةٌ دَمويَّةٌ تُزَوِّدُ خلايا العَظْم بالغِذاءِ والأُكسِجين.

المَفاصِل

المَفاصِلُ هي النِّقاطُ التي يَلْتَقي فيها عَظْمان. وهي تُصَنَّفُ في ثلاثِ مَجْموعاتٍ رئيسيَّة: مَفاصِلَ ثابتةٍ، ومَفاصِلَ مَحْدودةِ الحَرَكة ومَفاصِلَ زليليَّةٍ – تَبَعًا لِمِقْدارِ الحَرَكةِ التي يَسْمَحُ بها كُلُّ نَوْع. المَفاصِلُ الثابتةُ، كمفاصِلِ الدَّرْزِ بين عِظامِ الجُمْجُمة لا تسمَح بأيِّ حَرَكة – فحَوافُّها المُفَرَّضَةُ المُتَداخلة، الشبيهةُ بِقِطَعِ النماذجِ المُخَرَّمة، تَزْنُقُ عِظامَ الجُمْجُمة وتُرَسِّخُها بِقُوَّةٍ معًا. كما إنَّ كُلَّ سِنٍّ في الفَمِ هو مَثَلٌ آخَرُ على مَفْصِلٍ ثابت. فالأسنانُ مُرَسَّخةٌ في أسناخِها في الفكَّين فلا تَتَحَرَّكُ أثناءَ مَضْغِ الطَّعام. المَفاصِلُ المَحْدودةُ الحَرَكة تَسْمَحُ بِحَرَكةٍ مَحْدودةٍ بين العِظامِ المُتَجاوِرة، كما هي الحالُ بين الفَقَرات. فبين كُلِّ فَقْرَتَين مُتَجاوِرتَيْن هنالك قُرْصٌ فاصِلٌ غُضروفيٌّ أليافيٌّ يسمَحُ بحَرَكةٍ جُزْئيَّةٍ بَيْنَهما. وهذه المَفاصِلُ، مُجْتَمِعَةً، تُكْسِبُ العَمودَ الفَقَريَّ مَرانةً (قابليَّةً للثَّني) تُتيحُ له الاِنْحناءَ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخَر.



مَقْطَعٌ مُسْتَعرِضٌ مُكَبَّرٌ لِعَظْمٍ مُدَمَّجٍ من عَظْمِ الفَخِذ يُبَيِّنُ مَنْظومتَي هاڤِرْس (وَحْدتَي بناءِ العَظْمِ المُدَمَّج). في وَسَطِ كُلِّ مَنْظومةٍ قَناةٌ مَرْكَزيَّةٌ تَضُمُّ أَوْعيَةً دَمويَّة. والفَجَواتُ الداكِنةُ في مَنْظومةِ هاڤِرْس تحوي خلايا عَظْميَّةً ناشِطة.



هذه الصُّورةُ المُكَبَّرةُ لِعَظْمٍ إسفَنْجيٍّ من عَظْمٍ في القَدَم تَبْدو مُخْتَلِفةً جدًّا عن صُورةِ العَظْمِ المُدَمَّج. فهذا العَظْمُ يَتألَّفُ من دعائمَ صَلْدةٍ تَفْصِلُ بينَها فَجَواتٌ مُترابِطَةٌ مليئة بالنِّقْي (نُخاع العَظْم).



في مَفْصِلٍ مَداريٍّ، يَدورُ طَرَفُ عَظْمٍ داخِلَ فجوةٍ يُكَوِّنُها عَظْمٌ آخَرُ. ففي أعلى العمودِ الفَقَريّ، تدورُ الفَهَقةُ (الفَقَرةُ العُنُقيَّةُ الأولى) حولَ الفائق (الفَقَرةِ العُنُقيَّةِ الثانية). وهذا يُتيحُ للرَّأسِ التحرُّكَ من جانبٍ إلى آخَر.



يعمَلُ المَفْصِلُ الرَّزِّيُّ كمُفَصَّلةِ الباب. فيَتلاقَى الطَّرَفُ الأُسْطوانيُّ لِعَظْمٍ مع الطَّرَفِ المُقَعَّرِ لِعَظْمٍ آخر. المَفاصِلُ الرَّزِّيَّةُ تُتيحُ التحرُّك إلى أعلى وإلى أسفَل، وليس من جانبٍ إلى آخَر. الرُّكْبةُ (أعلاه) مثَلٌ على مَفْصِلٍ رَزِّيّ.



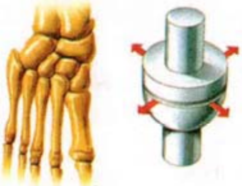
المَفاصِلُ الكُرويَّةُ الحُقِّيَّةُ، كما في الكَتِف (أعلاه)، هي أكثَرُ مَفاصِلِ الجِسْم مَرانةً (قابليَّةً للثَّني). فالطَّرَفُ الكُرويُّ الشَّكْلِ لِعَظْمٍ يَنْضوي في تجويفٍ حُقِّيٍّ (قَدَحيِّ الشَّكْل) لِعَظْمٍ آخَر يُتيحُ له التحرُّكَ في جميعِ الاتِّجاهات.



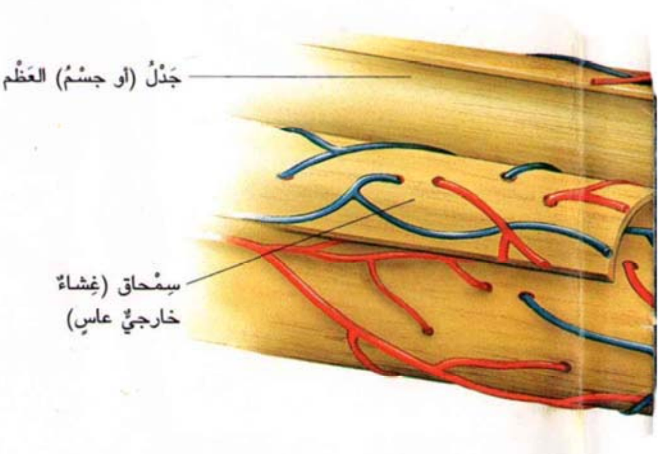
في المَفْصِلِ السَّرْجيِّ في قاعدةِ الإبهام، يَتلاقَى الطَّرفان النُّونيَّا الشَّكْلِ لعظمَي المِعْصَم والإبْهام معًا، فيُتاحُ للإبهام التحَرُّكُ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخَر. ويُتيحُ هذا المَفْصِلُ أيضًا للإبْهام مَسَّ طَرَفِ كُلِّ إصبَعٍ في اليَد – مِمَّا يُكْسِبُ اليدَ البشريَّةَ رَشاقةً ودِقَّةَ قَبْض.



المَفاصِلُ الإهليلَجيَّةُ (اللقميَّة) تَتواجَدُ في البَراجِم وبينَ عَظْمَي السَّاعِد وعِظامِ المِعْصَم. في هذا النوعِ من المَفاصِل يَنْضوي الطَّرَفُ البَيْضيُّ الشَّكْلِ لعَظْمٍ ضِمْنَ القَدحِ الإهليلَجيِّ لِعَظْمٍ آخَرَ يُتيحُ له التحَرُّكَ خَلْفًا وأمامًا ومن جانبٍ إلى آخَر.



في المَفْصِلِ المُنْزَلِق، أو المُسْتَوي، تكونُ سُطوحُ كُلِّ عَظمٍ مستويةً مسَطَّحةً تسمحُ للعِظامِ بحَرَكاتٍ قصيرةٍ تَتِمُّ بانْزلاقِ بعضِها فوق بَعض. المَفاصِلُ المُنْزَلِقةُ تَتواجَدُ بين عِظامِ الرُّسْغ (المِعْصَم) في كُلِّ يَد، وبينَ عِظامِ الرُّصْغ (الكاحِل) في كُلِّ قَدَم.



المَفاصِلُ الزَّليليَّة

مُعْظَمُ المَفاصِل – بما فيها مَفاصِلُ الرُّكبَتَين والمِرْفَقَين وبَراجِمُ الأصابع والوَرِكَين والكَتِفَين – هي مَفاصِلُ زَليليَّةٌ ذاتُ مدًى واسِعٍ من حُرِّيَّةِ الحَرَكة. وتَتماثَلُ جميعُ المفاصِلِ الزَّليليَّةِ من حيثُ البِنْيةُ الأساسيَّة. فطَرفا العظمَين المُلْتَقيان مُغَطَّيانِ بِغُضروفٍ زُجاجيٍّ، ويَفْصِلُ بينَهُما تجويفٌ زليليٌّ مليءٌ بالسائلِ الزليليِّ المُفْرَز. الغُضروفُ والسائلُ الزليليُّ يُزَلِّقان (يُزَيِّتان) المَفْصِلَ ويُخَفِّفانِ الاحتِكاكَ فَيُسَلِّسان الحَرَكة. والمَعروفُ أنَّ كُلَّ مَفْصِلٍ زَليليٍّ تُحيطُ به مِحْفَظةٌ مَفْصِليَّةٌ يُفْرِزُ غِشاؤها الداخليُّ السائلَ الزَّليليّ؛ ويَتَواصَلُ جُزؤها الخارجيُّ مع أربطةٍ عاسِيَةٍ مَتينةٍ تَشُدُّ المَفْصِلَ وتَحْفَظُ تماسُكَه.

مدَى الحَرَكة

أشكالُ أطرافِ العِظام وتَراتُبُ العَضَلات وتَوَتُّرُ الأَرْبطة التي تَضُمُّ المَفْصِل وتشُدُّه، هي التي تُحَدِّدُ مَدى التحرُّك فيه. فعَدْلُ الذراع وثنيُه عند المِرْفَقِ مثَلٌ على مَدى امْتدادِ الذِّراع وانْثنائه. كذلك فإنَّ رفعَ الفَكِّ السُّفْليّ وخَفْضَهُ أثناءَ مَضْغِ الطَّعام هو مَثَلٌ على مدَى حركةِ الصُّعود والهُبوط في المَفْصِل.

أُنْظُر أيضًا

الهَيْكَلُ العَظْميّ ص 102 – 103
العَضَلات والحَرَكة ص 106 – 107
النمُوُّ والتطَوُّر ص 134

العَضَلاتُ والحَرَكة

كُلُّ حَرَكةٍ جسَديَّة، من طَرْفةِ عَيْنٍ إلى العَدْوِ في سِباقٍ، تتمُّ بواسِطة العَضَلات. والعَضَلاتُ تتألَّفُ من خلايا ذاتِ قُدرةٍ فريدةٍ على التقلُّصِ والتقبُّض.

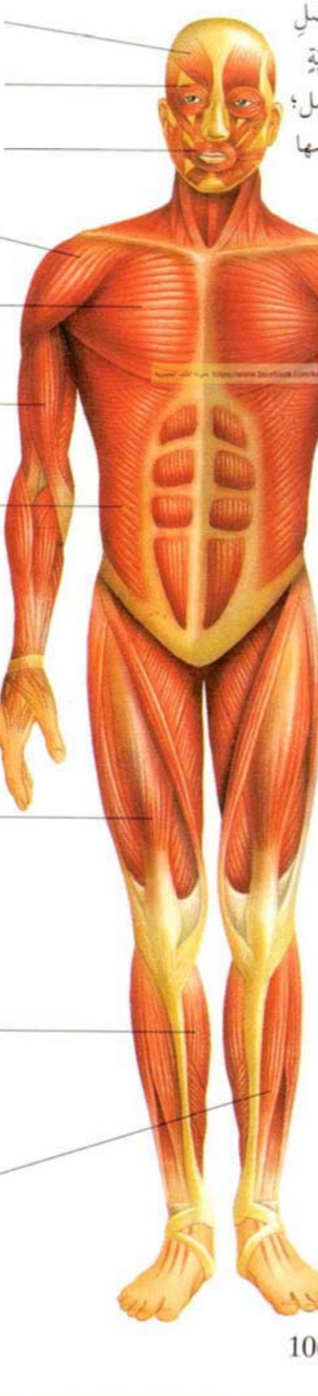


جميعُ الحَرَكاتِ التي تَنْطَوي عليها رياضةُ نَطِّ الحَبْل، كتحريكِ الذِّراعَيْن واليدَيْن أو ثَنْي الرُّكبَتَيْن ورَفْع القدمَيْن، تُحدِثُها العَضَلاتُ الهيكليَّةُ (المُتَّصلة بالهيكلِ العَظْميّ). وهذه العَضَلاتُ، بتلَقّيها تَعْليماتٍ من الدِّماغ، تَشُدُّ أجزاءَ الهَيكل المُختَصَّةَ لِتَقُومَ بِحَرَكاتٍ مُتَناسِقَة.

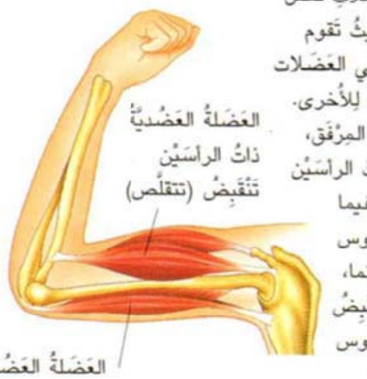
يُوجَدُ في الجِسْم ثَلاثةُ أنماطٍ من العَضَل: الهَيكليّ والأَمْلس والقَلْبيّ. العَدْوُ السَّريعُ يَستَخدِمُ عضلًا هيكليًّا، والهَضْمُ يتطَلَّبُ عَضلًا أَمْلسَ، وخَفْقةُ القَلْبِ بَعْضٌ من أداءِ عَضلةِ القَلْب. العَضَلاتُ الهيكليَّةُ تُحرِّكُ عِظامَ الهيكلِ العَظْميِّ وتُسْهِمُ في دَعْمِ الجِسْم. ويَبْلُغ تَعدادُها 640 عضلةً تُغَطّي الهيكلَ العَظْميَّ وتُكْسِبُ الجِسْمَ شَكْلَه الإجماليّ. تؤلِّفُ هذه العَضَلاتُ 40 بالمئة من وَزْنِ الجِسْم؛ وهي تَتَراوحُ حَجْمًا بين العَضَلةِ الفَخِذيَّة القويَّة الرُّباعيَّة الرُّؤوس والعَضَلةِ الرِّكابيَّةِ الدقيقةِ في الأُذُنِ الوُسْطى. أطرافُ العَضَلِ الهيكليِّ تَرْتَبِطُ بالعِظام بواسطةِ حبالٍ ليفيَّةٍ عاسِيَةٍ مَتينةٍ تُسَمّى الأَوْتار. والعَضَلاتُ تَمْتَدُّ عَبْرَ المفاصِل؛ وهي عندَ انْقِباضِها (تقلُّصِها) تُحَرِّكُ العِظامَ بعضَها بالنِّسْبةِ إلى بعضِها الآخر.

كيفَ تَعْمَلُ العَضَلات

خلايا العَضَلِ الهَيْكليّ، أو أليافُه طَويلةٌ رَقيقةٌ ومُرَتَّصةٌ بِوَفْرةٍ من اللُّيَيْفاتِ العَضَليَّةِ المُتَوازِية. هذه اللُّيَيْفاتُ تَحوي خُيوطًا من نَوعَين من البروتين القَلُوص – هما الأَكْتين والمَيُوسين – مِمّا يَجْعَلُ أليافَ العَضَل الهَيْكليِّ تَبْدو مُخَطَّطةً. فعِندما تَتَلَقّى العَضَلةُ رِسالةً من الدِّماغ، عَبْرَ عَصَبٍ مُتَّصِلٍ بها، تَنْزَلِقُ الخُيوطُ بَعْضُها عَبْرَ بَعض، مُقَصِّرةً اللِّيفةَ العضليَّةَ فتَتَقلَّصُ العَضَلة. وكَونُ العَضَلاتِ تَسْتطيعُ الشَّدَّ فقَطْ، وليسَ الدَّفْع، فهي عادةً تَعْمَلُ أزواجًا – إحدى الزَّوجَين تَشُدُّ العظمَ فيما تَشُدُّه الأُخرى في الإتِّجاهِ المُعاكِس.



مُعْظَمُ العَضَلاتِ تعمَلُ أزواجًا، بحَيثُ تَقوم إحدى زوجَي العَضَلات بِشَدٍّ مُضادٍّ لِلأُخرى. مثلًا، لِثَنْي المِرْفَق، تَنْقَبِضُ ذاتُ الراسَيْن العَضُديَّة (فيما ثُلاثيَّةُ الرؤوس راخِيَةٌ). بينما، لِبَسْطِه، تَنْقَبِضُ ثُلاثيَّةُ الرؤوس (فيما ذاتُ الراسَيْن راخِيَةٌ).





◄ تَتَراتبُ العَضَلاتُ الهَيكليَّةُ في الجِسْم في طَبَقاتٍ مُتَراكِبَة – تُسَمَّى الواقِعةُ منها تحتَ الجِلْدِ مُباشَرةً العَضَلاتِ السَّطْحيَّةَ. وتُعْرَفُ العَضَلاتُ التي تحتَها بالعَضَلاتِ الغائرة. ويُبَيِّنُ هذا المَنْظَرُ الأماميُّ للجِسْم بعضَ العَضَلاتِ السطحيَّةِ المُهِمَّةِ ووَظائفها. يُطلَقُ على العَضَلاتِ غالِبًا أسماءٌ تُشيرُ إلى طبيعةِ عَملِها (قابِضة أو باسِطة)، أو إلى شَكْلِها (داليَّة تَعْني مُثَلَّثيَّة)، أو إلى حَجْمِها النِّسْبيّ (الأعظم تَعْني الكُبْرى) أو إلى مَوقِعها (الجَبْهيَّة تُغَطّي عَظْمَ الجَبْهة).



أليافُ عَضَلٍ هَيكليّ

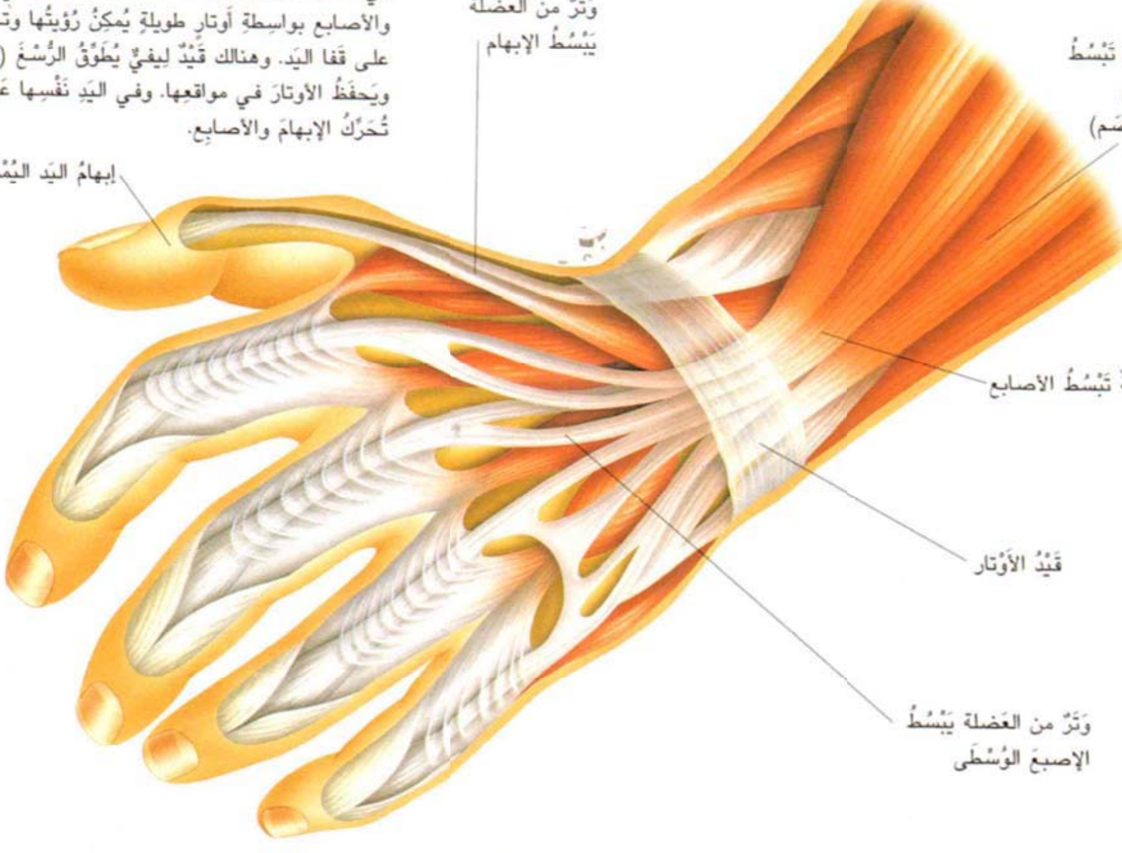


أليافُ عَضَلٍ أمْلَس



أليافُ عضَلِ القَلْب

العَضَلاتُ التي تَثْني وتَبْسُطُ المِعْصَمَ والأصابعَ مُوَضَّعةٌ في السَّاعِد. وتَتَّصِلُ هذه العَضَلاتُ بالعِظامِ في اليدَيْن والأصابعِ بواسِطةِ أوتارٍ طويلةٍ يُمكِنُ رُؤيتُها وتَحَسُّسُها على قفا اليَد. وهنالك قَيْدٌ ليفيٌّ يُطَوِّقُ الرُّسْغَ (المِعْصَم) ويَحفَظُ الأوتارَ في مواقعِها. وفي اليَدِ نَفْسِها عَضَلاتٌ تُحَرِّكُ الإبهامَ والأصابِع.



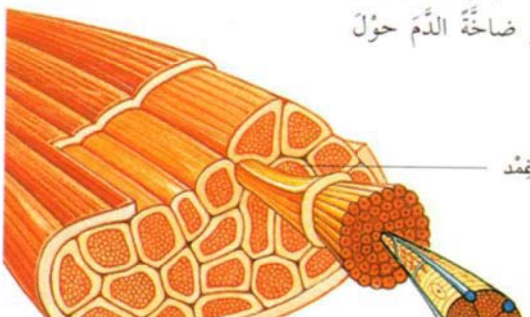
تَخْتلِفُ أليافُ العَضَلِ في مَظْهرِها. فأليافُ العَضَلِ الهيكليّ طويلةٌ ومُخَطَّطةٌ. وأليافُ العَضَلِ الأمْلَس قَصيرةٌ ومُسْتَدِقَّةٌ. أمّا أليافُ عضَلِ القَلْب فمُخَطَّطةٌ ومُتَشَعِّبة.

عَضَلٌ أمْلَس

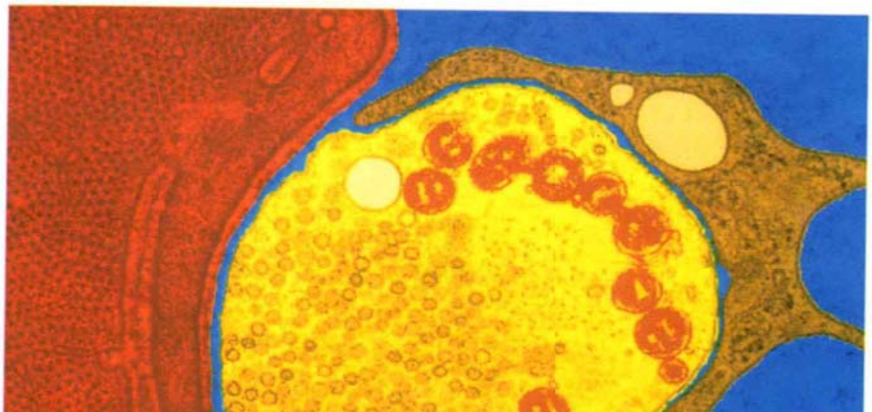
يَتواجَدُ العَضَلُ الأمْلَس (اللّاإراديّ) بصُورةٍ رئيسيَّة في جُدرانِ الأعضاءِ المجَوَّفةِ كالمَريءِ والمَثانة. وهو حيَويٌّ للعمليّاتِ اللّاإراديَّة كتَحْريكِ الطَّعامِ على طولِ القناةِ الهَضْميَّةِ (التمعُّج) أثناءَ عمليَّةِ الهَضْم. الأليافُ العضليَّةُ المُسْتَدِقَّةُ القَصيرةُ للعَضَلِ الأملَس، المُتراصَّةُ في صفائحَ، تتقَلَّصُ بِسَلاسَةٍ وتَواتُرٍ مُنْتَظِمٍ بتَحكُّمِ الجُملةِ العَصَبيَّةِ المُسْتَقِلَّة - فليسَ بِوُسْعِ المرءِ تَقْليصُها إراديًّا.

عَضلةُ القَلْب

عَضَلُ القَلْب نسيجٌ عضليٌّ مُتخَصِّص يتألَّفُ من شبكةِ أليافٍ مُخَطَّطة مُتفَرِّعةٍ ومُترابِطة. وهو مَقصورٌ على عَضَلةِ القَلْب، ويُكوِّنُ جُزْءًا كبيرًا من بِنْيته. هٰذه الأليافُ تَنْقَبِضُ تِلْقائيًّا دونَ الحاجةِ إلى مُنَبِّهٍ خارجيٍّ من الجُمْلةِ العَصَبيَّةِ المَرْكزيَّة. تَنْقَبِضُ عضلةُ القَلْبِ دونَ تَوَقُّفٍ بما يَتجاوزُ 2,5 بليونِ مَرَّةٍ في مدَى مُتوسِّط العُمْر ضاخَّةً الدَّمَ حوْلَ الجِسْم.



تَتراتَبُ أليافُ العضَلِ الهيكليّ في حُزَمٍ تَمْتَدُّ على طُولِ العَضَلة. وتتألَّفُ اللُّيَيْفاتُ العَضَليَّةُ داخِلَ كُلِّ لِيفةٍ من خُيوطٍ تَتآثَرُ في ما بينها لِتَجْعَلَ العَضَلةَ تتقَلَّص (تَنْقَبِض).



◄ مُوصِلٌ عَصَبيٌّ عضليٌّ (مُكَبَّرٌ هنا 30 800 مَرَّة) حيثُ تَلْتَقي نِهايةُ لِيفةٍ عَصَبيَّةٍ (مُبَيَّنة بالأصْفَر) بلِيفةٍ عَضليَّةٍ (مُبَيَّنة بالأحْمَر). وعندما تَبْلُغ الدَّفْعةُ العصبيَّةُ إحدى النِّهاياتِ العَصَبيَّة، تَنْطَلِقُ كيماويَّاتٌ تَجْعَلُ العضَلةَ تتقَلَّص.

أنْظُر أيضًا

الهَيْكلُ العَظْميّ ص 102 – 103
الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة

تَترابطُ بَلايينُ العَصَبونات (وهي الخلايا العصبيَّة) مُكوِّنةً شبكةَ الاِتِّصالات في الجِسْم التي تُؤلِّف الجهازَ العَصَبيَّ أو الجُملةَ العصبيَّة. وهذا الجِهازُ يَحْكمُه الدِّماغ.

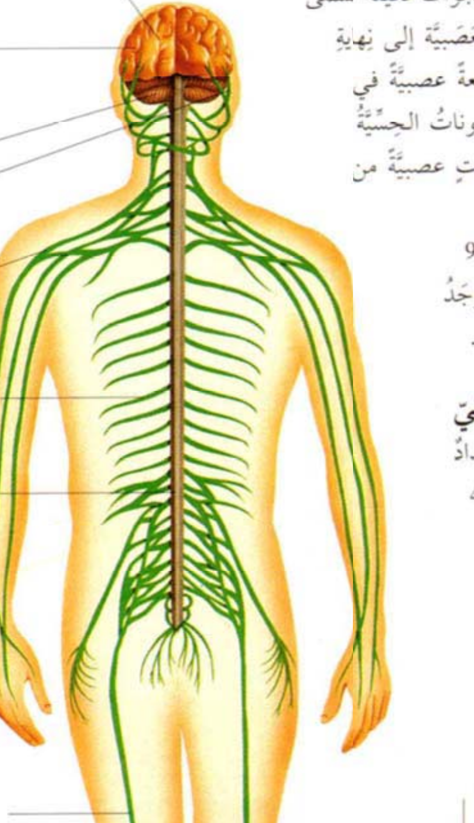


يَمتدُّ النُّخاعُ الشَّوكيُّ من قاعدةِ الدِّماغ إلى أسفلِ الظَّهْر؛ وهو مَحْميٌّ بِفَقار الصُّلْب، تَتشعَّبُ الأَعصابُ الشوكيَّةُ من النُّخاع (الحَبليّ) الشوكيّ ناقلةً الدَّفعاتِ العَصَبيَّةَ من وإلى مُختلِف أجزاءِ الجِسْم.

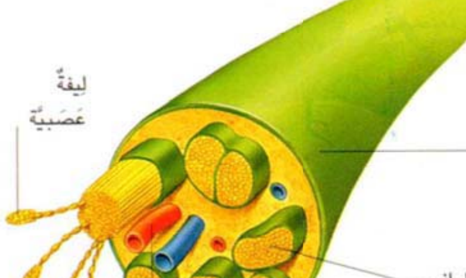
العَصَبونُ (الخليَّةُ العَصَبيَّةُ) هي الوَحْدةُ الأساسيَّةُ للجُملةِ العَصَبيَّة. وهي طويلةٌ ورَفيعةٌ - وظيفتُها نَقْلُ المَعلومات بشَكلِ دَفعاتٍ كَهربائيَّةٍ عصبيَّة على اَمتدادِ طُولِها. تتألَّفُ العَصبون من جسمٍ شبيهٍ بأجسام الخلايا الأُخرى ومِن مِحْوارٍ (ليفة عصبيَّة) وتغصُّناتٍ تؤلِّف مَشابكَ مع عَصَبوناتٍ أُخَر أو مع مُستقبِلاتٍ ومُستجيباتٍ أُخرى (عضليَّة أو أنسجةٍ غُدِّيَّة). والمَعروفُ أنَّ العَصَبوناتِ المُتَجاورةَ لا تَتماسّ، بَلْ تفصلُ بينها فَجَواتٌ دَقيقةٌ تُسمَّى المَشابك. فعندَ وُصولِ الدَّفْعةِ العَصَبيَّة إلى نِهايةِ مِحْوار، تُطلق كيماويَّاتٍ تُوَلِّدُ دَفْعةً عصبيَّةً في تَغَصُّناتِ العَصَبون التالي. العَصَبوناتُ الحِسِّيَّةُ والمُحَرِّكةُ تَنْقلُ كُلٌّ بدَورها دَفَعاتٍ عصبيَّةً من الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ وإليهما. عَصَبوناتُ الترابُطِ، التي تؤلِّف 90 بالمئة من مَجمَلِ العَصَبونات؛ توجَدُ فقط في الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ.

النُّخاعُ (الحَبْل) الشَّوكيّ

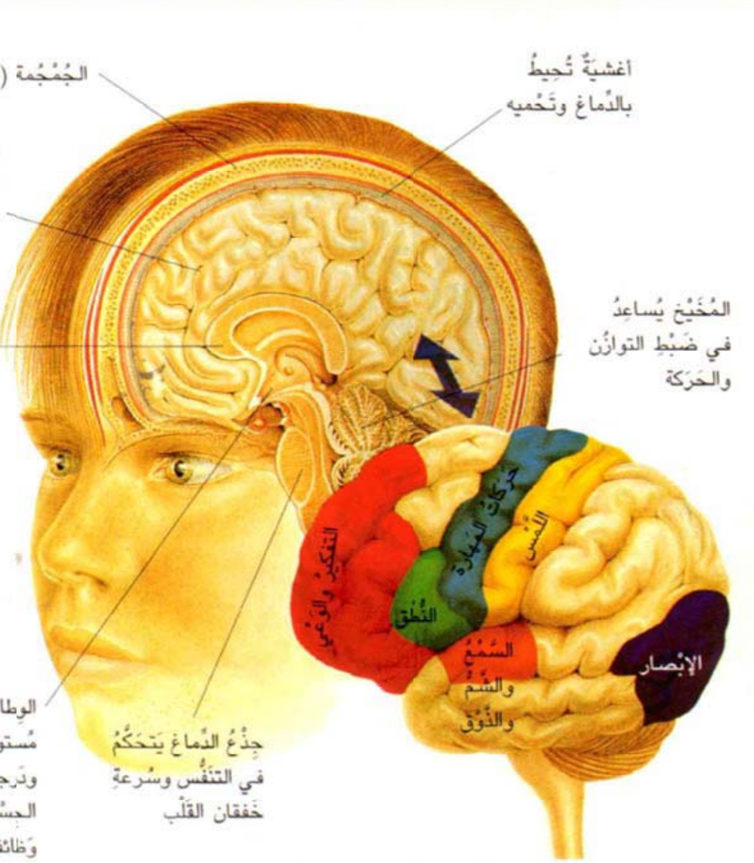
النُّخاعُ الشَّوكيُّ هو أساسًا امتدادٌ للدِّماغ، يَبْلُغُ طولُه حوالى 45 سم، ويَمتَدُّ من الدِّماغِ إلى أسفَلِ الظَّهْر. والأعصابُ الشوكيَّةُ، على امتدادِ طُولِه، تُرَحِّلُ المَعْلوماتِ بين الدِّماغِ والجِسْم. وهو يَقومُ أيضًا بدَورٍ حيَويٍّ في المُنعَكَساتِ (رُدودِ الفِعْل اللَّاإراديَّة). فإذا مَسَّ شَخْصٌ بإصبَعِه جِسْمًا حادًّا، مثلًا، تَسري دَفَعاتٌ عصبيَّةٌ من رأس الإصبَع، عَبْرَ النُّخاعِ الشَّوكيّ، مُباشرةً إلى العَضَلاتِ العَضُديَّةِ التي تَسْحَبُ الإصبَعَ فورًا بَعيدًا عن الخَطَر.



تتألَّفُ الأَعْصابُ من حُزَمِ عَصَبوناتٍ حِسِّيَّةٍ - تَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من المِحَسَّات إلى الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ، ومن عَصَبوناتٍ مُحَرِّكةٍ - تَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من الدِّماغِ والنُّخاعِ الشَّوكيّ إلى العَضَلات.

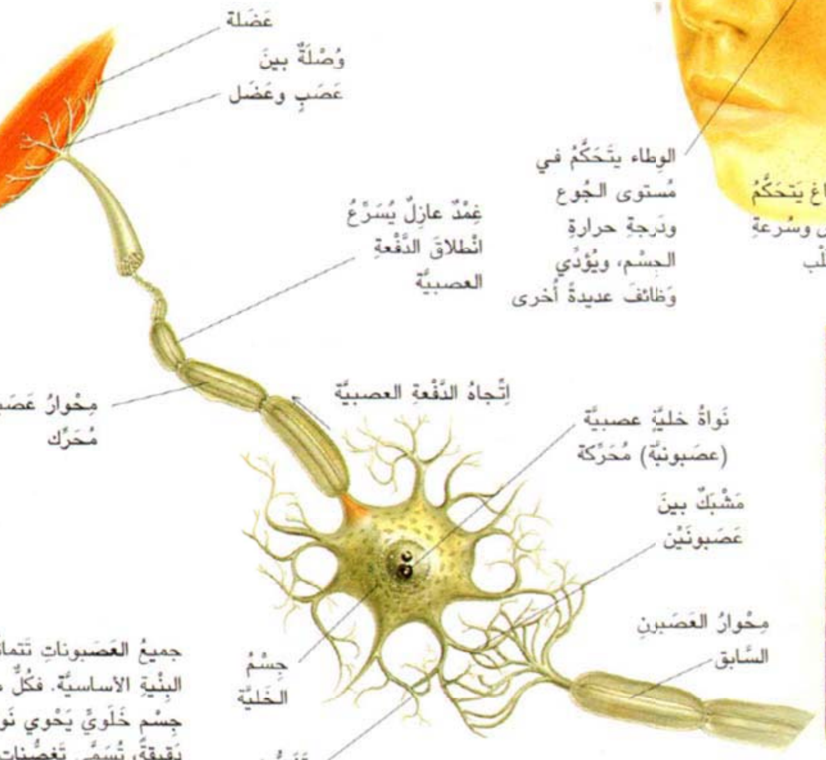


◄ الدِّماغُ يَحْكُمُ كامِلَ الجُمْلةِ العصبيَّة. فهو باستِمرارٍ يَتلقَّى المَعْلوماتِ ويُرْسِلُ التعليماتِ التي يُرَحِّلُ مُعظَمُها بواسطةِ النُّخاعِ الشَّوكيّ. الدِّماغُ والنُّخاعُ الشَّوكيّ يُشكِّلان معًا الجُمْلةَ العصبيَّةَ المَرْكزيَّةَ التي تَتواصَلُ مع أنحاءِ الجِسْم عَبْرَ الأَعْصاب. هنالك 12 زوجًا من الأَعصابِ القِحْفيَّة التي تَصْدُرُ من الدِّماغ - مُعْظَمُها يُرَحِّلُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً من أعضاءِ الحِسّ كالعينَيْن، أو يَنْقُلُ تَعْليماتٍ إلى العَضَلاتِ في الرأس. وهنالك 31 زوجًا من الأعصابِ الشَّوكيَّةِ التي تَتشعَّبُ من النُّخاعِ الشَّوكيّ؛ وهي تُرَحِّلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من وإلى بَقيَّةِ أنحاءِ الجِسْم.



دَواخِلُ الدِّماغ

يتألَّفُ الدِّماغُ من ثلاثِ مناطِقَ رئيسيَّةٍ هي الجِذْعُ والمُخَيْخُ والمُخّ. جِذْعُ الدِّماغ يَتَحَكَّمُ تلقائيًّا في وَظائفَ أساسيَّةٍ كالتنفُّس وخَفَقانِ القَلْب. والمُخَيْخُ يُنَسِّقُ التوازُنَ والوَضْعةَ والحَرَكة. ويُقسَمُ المُخُّ إلى نِصْفَين، كنِصْفَي كُرَة، يَصِلُ بينَهما الجِسْمُ الثَّفَنيّ. ولكُلٍّ من الأقْسامِ المُختلِفةِ في نِصْفَي كُرَةِ الدِّماغ وَظائفُ مُختلِفة. فالنُّطُقُ (الباحاتُ) الحِسّيَّةُ تُعالِجُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ من أعضاءِ الحِسّ كالعَيْنَين؛ والنُّطُقُ المُحَرِّكَةُ تُرَحِّلُ التعليماتِ إلى العَضَلاتِ لإحداثِ الحَرَكةِ والنُّطق. أمَّا النُّطُقُ المُترابِطةُ، كما في مُقَدَّمِ المُخّ، فإنَّها مَرْكَزُ الوَعْيِ والقُدرةِ على التَّفكير. ويُنَظِّمُ الوِطاءُ، تحتَ المُخّ، ظروفَ الجِسْم الداخليَّةَ عَبْرَ الجُمْلَةِ العصبيَّةِ المُسْتَقِلَّة.





هذه الصورةُ المُكَبَّرةُ 494 مرَّةً، تُبيِّنُ عَصَبوناتٍ مُترابطةً منَ القِشْرةِ الدِّماغيَّة – الجُزْءِ الرقيقِ الخارجيِّ لِلمُخّ (جُزْءِ التفكير منه) – عِلْمًا أنَّ كُلَّ عَصَبونٍ مُترابِطٌ مع آلافِ العَصَبوناتِ الأخرى.

الدِّماغ

يتألَّفُ الدِّماغُ من ما يزيدُ على 100 بليون (بليون = 10^9) عَصَبون تتَّصِلُ كُلٌّ منها بآلافِ العَصَبوناتِ الأُخرى مُكَوِّنَةً شَبكةَ تحَكُّمٍ واتِّصالاتٍ مُعقَّدة. يَتلَقَّى الدِّماغُ مَعْلوماتٍ حَولَ ظُروفِ الجِسْم الداخليَّةِ والخارجيَّةِ فَيُعالِجُها ويَخْتَزِنُها، ويُصْدِرُ التعليماتِ حسبَ ما سبقَ له تعَلُّمه. ويَتَحَكَّمُ الوِطاءُ وجِذْعُ الدِّماغ بالعَمليَّاتِ التِّلقائيَّةِ كالتنفُّس. ويُنَظِّمُ المُخَيْخُ حَرَكاتِ الجِسْم السَّلِسَة. ويَتَحَكَّمُ نِصْفا كُرَةِ الدِّماغ في التَّفكيرِ والخَيالِ والذَّاكرةِ والنُّطْقِ والانْفِعالِ والإبْصارِ والسَّمْعِ والشَّمِّ والذَّوْقِ واللَّمْس.

جُزْءَا الجُمْلَةِ العَصَبيَّة

تتألَّفُ الجُمْلَةُ العصبيَّةُ من جُزْأين رئيسيَّيْن: الدِّماغ والنُّخاع الشَّوكيّ، اللذَين يُشَكِّلانِ الجُمْلَةَ العصبيَّةَ المَرْكزيَّة؛ فيما تُشَكِّلُ الأعصابُ الجُمْلَةَ العصبيَّةَ المُحيطيَّة. العَصَبوناتُ الحِسِّيَّةُ ضِمْنَ الجُمْلةِ العصبيَّةِ المُحيطيَّة تُرْسِلُ دَفَعاتٍ عَصبيَّةً من أعضاءِ الحِسّ إلى الدِّماغ. أمّا العَصَبوناتُ المُحَرِّكةُ فتَنْقُلُ تَعْليماتٍ من الدِّماغ؛ وهي على نوعَيْن: عَصَبوناتِ الجُمْلةِ العصبيَّة الجسمانيَّةِ التي تَخضَعُ للتحَكُّم الإراديّ فتَسْتَثيرُ العَضَلاتِ الهيكليَّةَ لِتَنْقبِض، وعَصَبوناتِ الجُملةِ العصبيَّةِ المُستَقِلَّة التي تُنَظِّمُ العمليَّاتِ داخلَ الجِسْم كالتنَفُّس والهَضْم. وتَضُمُّ الجُمْلةُ العصبيَّةُ المُسْتَقِلَّةُ قِسْمَيْن: القِسْمَ الوُدِّيّ (السِّمْبَثاويّ) والقِسْمَ اللَّاوُدِّيّ (نَظير السِّمْبَثاويّ) اللذَين بِتأثيراتِهما المُتَضادَّة يُحافظانِ على استِقْرارِ حالةِ الجِسْم.

جميعُ العَصَبوناتِ تَتماثَلُ في البِنْيةِ الأساسيَّة. فكُلٌّ منها ذاتُ جِسْمٍ خَلَويٍّ يَحْوي نَواةً وزوائدَ دَقيقةً، تُسَمَّى تَغَصُّناتٍ، تَتلَقَّى دَفَعاتٍ عصبيَّةً عَبْرَ مَشابِكَ من عَصَبوناتٍ أُخرى. والمِحوارُ – الجُزْءُ الطويلُ منها يَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ بَعيدًا عن جِسْمِ الخَليَّة. يتواجَدُ جِسْمُ الخَليَّةِ لهذا العَصَبونِ المُحَرِّك ضِمْنَ الجُمْلَةِ العصبيَّةِ المَرْكزيَّة. وهو يَنْقُلُ الدَّفَعاتِ العصبيَّةَ إلى أجزاءِ الجِسْمِ مُوعِزًا إليها القِيامَ بعَمَلٍ ما. مثلًا، الدَّفْعةُ العصبيَّةُ إلى عَضَلةٍ قد تُسَبِّبُ انْقِباضَها؛ والدَّفْعةُ العصبيَّةُ إلى غُدَّةٍ قد تَتَسَبَّبُ بانطِلاقِ مُفْرَزاتِها.

اُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
النَّومُ والأحلام ص 110
التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143

النَّومُ والأَحْلام

يَقْضي الإنسانُ العاديُّ حوالى ثُلُثِ حياتِه في النوم، فَيُتيحُ ذلك للجِسْم راحةً وللدِّماغ فُرصةً لِمُعالَجةِ المَعْلوماتِ التي استوعبَها في اليوم السَّابق.



هذه الصّورةُ، المُعنونةُ «حُلْم لِينا»، هي تصَوُّرُ فَنَّانٍ لِتَمثيلِ مزيجِ الخيالاتِ الغريبِ الذي يَراهُ الناسُ في أحلامِهم. هنا طِفلةٌ نائمةٌ في سَريرٍ وَسَطَ حَقْل. تَحْصلُ الأَحْلامُ بينما الدِّماغُ مُنْشَغِلٌ في تَمْحيصِ وَفَرْزِ أحداثِ ومُعاناةِ اليوم السَّابق. وفي الوَعْيِ المُتَغايرِ أثناءَ النَّوم، تُحَرَّفُ هذه الذِّكرياتُ إلى أحلام.

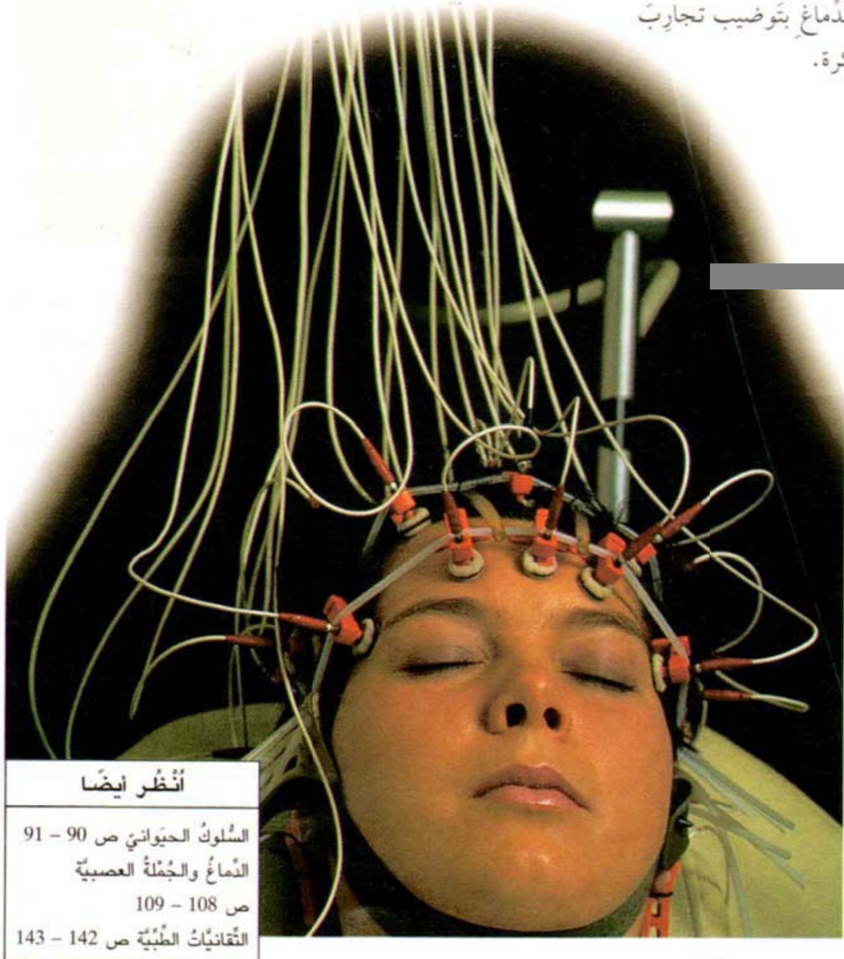
يَحصُلُ النَّومُ طبيعيًّا كجُزْءٍ من دَورةِ الـ 24 ساعةً بين اليَقَظة والنَّوم يوميًّا. وَهوَ حالةٌ من الوَعْيِ المُتَغايِر، يُمكِنُ إيقاظُ الشَّخْصِ منها بِسُهولة. وللنَّوم أهمِّيَّتُه كما هو معروف؛ والذين يُحْرَمون منه يُعانونَ من التَّعَبِ وتَشَوُّشِ الفِكْر والهُلاس.

وتأتينا الشواهِدُ على حصولِ أحداثٍ خلالَ النَّوم من تَقَصِّي العُلَماءِ لِسُلوكِ النائمِين باستِخْدام مِخْطاطِ كهربائيَّةِ الدِّماغ لِقياسِ أمواجِ الدِّماغِ لَدَيْهِم.

هذه التَمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ مُستَمِرَّةُ الحُدوث، سواءٌ كنَّا يَقِظِينَ أو نِيامًا، جَرَّاءَ «حَرَكةِ مُرور» الإشاراتِ الكهربائيَّةِ التي تَعبُر بين بلايينِ العَصَبوناتِ في الدِّماغ. وهذه التمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ تختَلِفُ تَبَعًا لِكون الشَّخصِ مُسْتَيْقِظًا أو مُتنَبِّهًا فِكريًّا أو ناعِسًا أو مُستغرِقًا في نوم عَميق. والأَحْلامُ هي غالبًا الأحداثُ التي يُعايِشُها الشَّخصُ أثناءَ نَومِه. ولعَلَّها تكونُ تأثيراتٍ جانبيَّةً لِانشِغال الدِّماغِ بتَوضيب تجارِبَ اليوم السَّابق، وٱخْتِزانِها في الذَّاكرة.

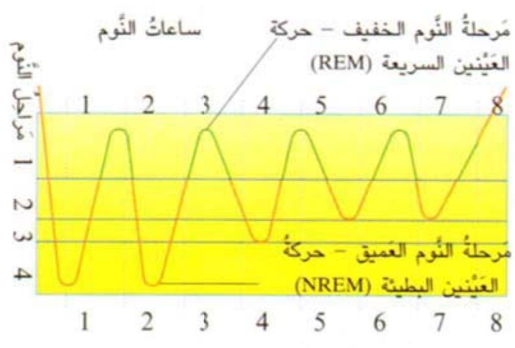
النَّومُ العَميق ونَوْمُ الحُلم

يَتعاقَبُ على النائم أثناءَ نومه نَسَقٌ من الأحداث تَجري وتتكَرَّرُ بنظامٍ مُعَيَّن. يَمُرُّ الشخصُ الذي يَغْلِبُ عليه النُّعاس في أربع مَراحِلَ – تَبْدأُ من شِبْهِ اليَقظة تقريبًا إلى النَّوم العميق (NREM) المُتَميِّز بحَركةِ العينَين البطيئة. ويَترافقُ هذا مع ٱنخِفاضٍ في سُرعةِ التنَفُّس وخَفَقانِ القَلْب وبُطْءٍ في نَشاطِ الدِّماغ. وبعدَ حوالى 90 دقيقةً، يتحَوَّلُ النائمُ من مَرْحَلةِ النَّوم العَميق إلى مَرْحلَةِ النَّوم الخَفيف وحركةِ العَيْنَين السَّريعة (REM). فتتحَرَّكُ العَيْنان تحتَ الأجفان ويَحْدُثُ الحُلْم. ويترافقُ هذا مع تزايُدِ سُرعةِ خَفَقان القَلْب والتنَفُّس، وازديادِ نَشاطِ الدِّماغ. ويَبْقى الجِسْمُ ساكِنًا، في هذه المَرْحلة، وتتعَطَّلُ العَضَلاتُ، رُبَّما لِمَنْعِ النائم من القيام بتَمْثيلِ ما يَجري في أَحْلامه. ثُمَّ، بعدَ مُضِيِّ خَمْسٍ إلى عَشْر دقائق يَعودُ النائمُ إلى النَّومِ العَميق. ويَتكَرَّرُ هذا النَّسَقُ خِلالَ اللَّيْل حوالَى خَمْسِ مَرَّات، مع بَدْءِ نوم حركةِ العينَيْن السريعةِ (REM) كُلَّ 90 دَقيقةً تقريبًا. يَتَناقَصُ النومُ العَميقُ خلالَ اللَّيل، وتُصبحُ فتَراتُ نومِ حركةِ العَيْنين السريعة أطولَ، فتَسْتَغرِقُ الفَتْرةُ الأخيرةُ حوالى 50 دقيقةً.



أنماطُ النَّوم

وُصِّلَ عددٌ من الإلكترودات برأسِ هذه المرأ... الكهربائيَّةِ الدِّماغيَّةِ التي تُحدِثُها الأعصابُ في الدِّماغ. وتُوَصِّلُ أسْلاكٌ من الإلكتروداتِ بمِخْطاطِ كهربائيَّةِ الدِّماغ، الذي يَرسُم مُخَطَّطًا لهذه التمَوُّجات. التمَوُّجاتُ الدِّماغيَّةُ هذه تتغيَّرُ أثناءَ النَّوم، مُبَيِّنَةً أنَّ الشَّخْصَ يَمُرُّ بمَراحِلِ نوم مُختلِفة. يظهَرُ من المُخَطَّط البيانيِّ أدناه أنَّ النائمَ يدخُلُ أوَّلًا في مرحَلة نوم عَميق (مَرْحلة 4، «NREM»)، ثُمَّ يَعودُ إلى مَرحلة نوم خفيف (مَرْحلة 1، «REM»). ويَتكرَّرُ هذا النَّسَقُ طوالَ اللَّيل.



أُنْظُر أيضًا

السُّلوكُ الحيَوانيّ ص 90 – 91
الدِّماغُ والجُمْلةُ العصبيَّة ص 108 – 109
التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143

التَّواصُل

التواصُلُ ضروريٌّ لجميعِ أنواعِ الحيوانات. ويتميَّزُ البَشَرُ بأَنَّهُم فريدونَ بين سائر الحيوانات كَونَهم قادِرينَ على استِخْدامِ اللُّغَةِ للتَّواصُل واحدُهم بالآخرين.



أثناءَ التنَفُّس، تظَلُّ الحِبالُ الصوتيَّةُ مَفْتوحةً لِتَسْمَحَ للهواءِ بالدُّخولِ إلى الرِّئتين والخُروجِ منهما.



يُقْحَمُ الهواءُ المزْفورُ عَبْرَ وَتَرَي الصوت المُغلقَين لِتَوليدِ أصواتٍ أثناءَ التكَلُّم.

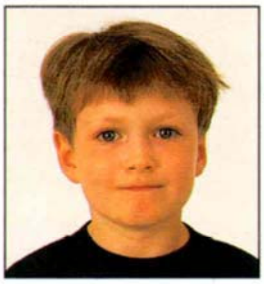
▲ يَمْتَدُّ عَبْرَ الحَنْجَرة في أعلى الرُّغامَى غشاءَان يُسَمَّيان وَتَرَي (أو حَبْلَي) الصوت. يكونُ هذان الغشاءَان عادةً مَفْتوحَين، لكِنَّهما يَنْغلِقان أثناءَ النُّطْق. والهواءُ المَزْفورُ عَبْرَهما حينئذٍ يجعَلُهما يتذَبْذبانِ ويُولِّدان أصواتًا.

يَتَواصَلُ الناسُ فيما بينَهم لِتبادُلِ الأفكار وتناقُلِ الأخبار والمَعارف؛ أو تَعبيرًا عن الصَّداقة أو اللَّامُبالاةِ أو العُدوانِ نَحو الآخرين؛ أو لإبداءِ السُّرورِ أو الغَضَبِ أو القَلَق.

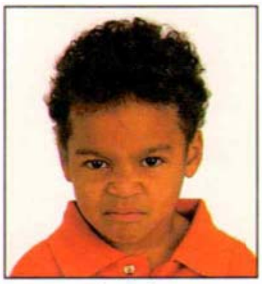
ويَتَّخِذُ التَّواصُلُ أشكالًا مُتنَوِّعةً ومُتبايِنةً. تَنْطوي لُغَةُ الجَسَدِ على تَوضيعِ أجزاءٍ من الجِسْم، غالبًا دونَ تفكير، في هيئةٍ تحمِلُ رِسالةً مّا. مثلًا، مُقابلَةُ البَعضِ ومُحاكاةُ لُغَتِهم الجَسَديَّةِ مَرَحًا، غالبًا ما تُعَبِّرُ عن اهتِمامٍ خاصٍّ بهم. كما إنَّ تَعابيرَ الوَجه، كالابتِسام والعُبوسِ والتَّكشيرِ أو البَرْطمة، هي مُؤَشِّراتٌ على مِزاجِ الشَّخْصِ وانْفِعالاتِه.

اللُّغَة

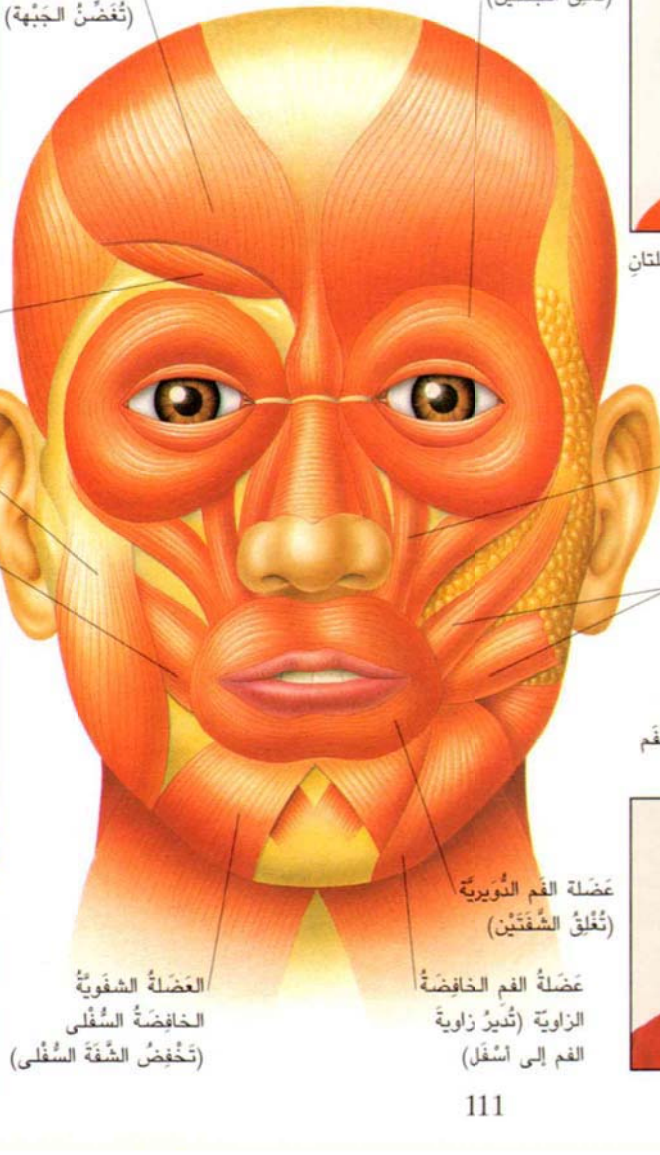
اللُّغَةُ المَحْكيَّةُ هي من الخواصِّ الفَريدة بالجِنْسِ البَشَريّ. وتحكُم مَلكَةَ النُّطْقِ باحَةٌ على الجانبِ الأَيْسَر من الدِّماغ. عندما يَرْغبُ الشخصُ في الكلام، تُرْسَلُ دَفَعاتٌ عصبيَّةٌ من هذه الباحَةِ في الدِّماغِ إلى العَضَلات في الحَلْقِ والفَمِ والفَكّ. يَعْبُرُ الحَنْجَرةَ (صُندوقَ الصوت) شَريطان غشائيَّانِ، هما وتَرا الصوت، يُمكِنُهما الانفِتاحُ والانغلاق. والرسائلُ العصبيَّةُ من الدِّماغ تُسَبِّبُ غَلْقَ عَضَلاتِ الحَنْجرة ومَطْلِ وَتَرَي الصوت. ثُمَّ يُقْحَمُ هواءُ الزَّفيرِ من الرِّئتين عَبْرَ الوترَين (حَبْلَي الصوت)، فيتَذَبْذبا مُوَلِّدَين أصواتًا تَعْبُر إلى الحَلْقِ والفَمِ والأنْف. الحِبالُ الصوتيَّةُ الرَّاخيَةُ تُوَلِّدُ أصواتًا تَعْبُر إلى الحَلْقِ والفَمِ والأنْف. الحِبالُ الصوتيَّةُ الرَّاخيَةُ تُوَلِّدُ أصواتًا خَفيضةَ الطبقة؛ والحِبالُ المَشْدودةُ تُوَلِّدُ أصواتًا عاليَةَ الطبقة. هذه الأصواتُ تَتَحَوَّلُ إلى نُطْقٍ تبَعًا لِتَوَضُّعِ اللِّسانِ وشَكْلِ الشَّفَتَيْن.



▲ العَضَلتان خافِضَتا زاويتَي الفَم تَشُدُّهما نُزُولًا.



▲ هذه العَبْسةُ تُحدِثُها العَضَلتانِ مُقَطِّبتا الحاجِبَيْن.





▲ العَضَلةُ الجَبْهيَّةُ تُغَضِّنُ الجَبْهَة (الجَبينَ) وترفَعُ الحاجِبَيْن.

▼ أثناءَ الابْتِسام، تَشُدُّ العَضَلاتُ الوَجْنيَّةُ زاويتَي الفَم صُعُودًا وإلى الخارج.



◄ أكثَرُ من 30 عَضَلةً صغيرةً في الوَجْه تُحْدِثُ ذلك المَدى الواسعَ من التعابيرِ الوَجْهيَّة. وتَتَّصِلُ معظمُ هذه العضَلات من أحدِ طَرَفَيها بعَظْمِ الجُمْجُمة وبجِلْدِ الوَجْه من الطرفِ الآخر. وعند انْقِباضِ إحدى هذه العَضَلات، يُشَدُّ جِلْدُ الوَجْهِ المُتَّصِلُ بها فيَتَبَدَّلُ مَظْهَرُ الوَجْه. التعابيرُ الوجهيَّةُ تَعْكِسُ أَمْزِجةَ الشَّخْصِ وانْفِعالاتِه، وتُعَبِّر عن مدًى واسِعٍ من الانفعالاتِ والأحاسيس – من الابْتِهاجِ إلى الغَضَب.

انْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة ص – 106 – 107، الدِّماغُ والجُمْلةُ العصبيَّة ص 108 – 109

اللَّمْس

حاسَّةُ اللَّمْس تُزَوِّدُ الدِّماغَ بِمَعْلوماتٍ حولَ البيئةِ المُحيطَةِ بالجِسْمِ بواسطةِ مِجَسَّاتِ لَمْسٍ تَنْتَشِرُ في شَتَّى أنحاءِ سَطْحِ الجِسْم.



هذا الصَّبيُّ يَبْدو غريبًا لأنَّ حُجومَ أجزاءِ جِسْمِه صُوِّرَتْ وَفْقًا لِمقدارِ حساسيَّتِها لِلَّمْس. فبَعضُ أجزاءِ الجِسْم، كالأصابعِ والشَّفَتين، هي أكثَرُ حساسيَّةً لِلَّمْسِ بكَثيرٍ من أجزاءٍ أُخرى لأنَّها تحوي عددًا أكثَرَ من مِجَسَّاتِ المَسّ.

تَسْتَشْعِرُ المِجَسَّاتُ في الجِلْدِ المَسَّ والألَمَ والذَّبْذَبةَ والضَّغْطَ والحرارةَ والبُرودة. فنُعومةُ الفِراءِ، والذَّبْذَباتُ الناتِجَةُ عن إمرارِ أصابعِ اليَدِ على وَرَقةِ صَنْفَرة، والضَّغْطُ الناتِجُ عن حَمْلِ وَزْنٍ ثَقيل، والألَمُ الناتِجُ عن الوُقوفِ على رأسِ مُدَبَّب، والحرارةُ الصادِرةُ عن لَهَب، والبُرودةُ المُسْتَشْعَرةُ عندَ غَمْسِ اليَدِ في ماءٍ مُثلَّج - كُلُّها تُحَسُّ باستِثارةِ المِجَسَّاتِ في الجِلْد.

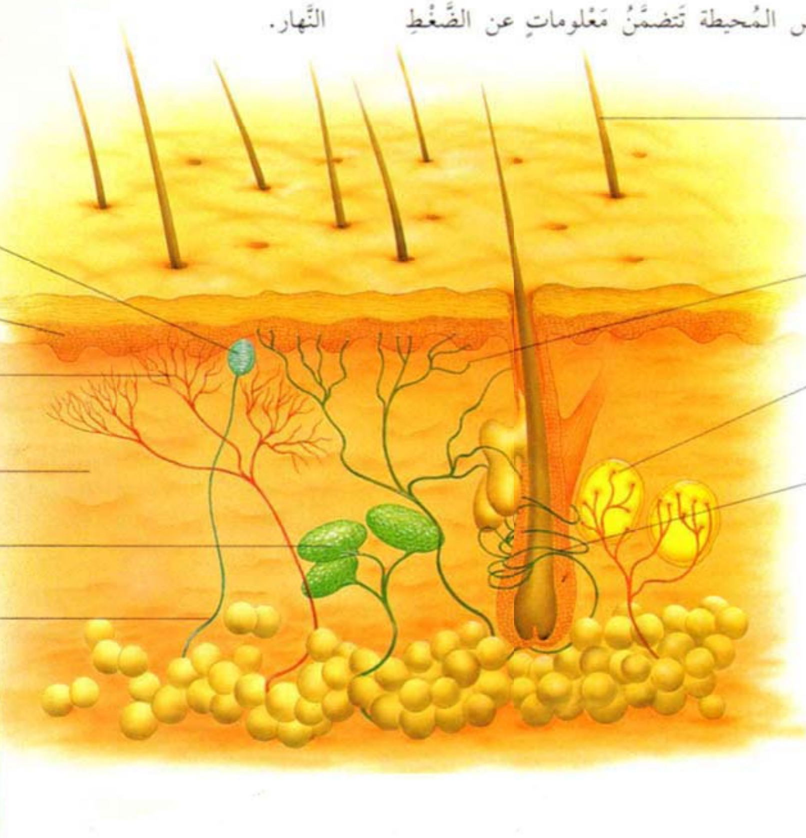
مِجَسَّاتُ المَسِّ والضَّغْطِ الخَفيفَيْن توجَدُ في الجُزْءِ العُلْوِيِّ من أَدَمةِ الجِلْد، فيما تَتواجَدُ مِجَسَّاتُ المَسِّ والضَّغْطِ الشَّديدَيْن الأكبرُ حجمًا أعمقَ في الأَدَمة. هذه المِجَسَّاتُ في مُعظَمِها مَحصورةٌ في مَحافِظ، باستِثناءِ المِجَسَّاتِ التي تَسْتَشْعِرُ الحرارةَ والبُرودةَ والألَمَ التي هي نِهاياتُ أعصابٍ مُتَشَعِّبةٌ على مَقْرُبةٍ من المَوصِلِ بين البَشَرةِ والأَدَمة. والمَعْلوماتُ المُسْتَشْعَرةُ من جميعِ المِجَسَّاتِ المُخْتلِفةِ تَنْطلِقُ كدَفَعاتٍ كهربائيَّةٍ عَبْرَ الأعصابِ إلى الباحَةِ الحِسِّيَّةِ في المُخِّ (الجُزْءِ الرئيسيِّ من الدِّماغ). فيُؤَوِّلُ الدِّماغُ هذه الدَّفَعاتِ كصُورةٍ حِسِّيَّةٍ لِبيئةِ الشَّخْصِ المُحيطةِ تَتضَمَّنُ مَعْلوماتٍ عن الضَّغْطِ والدِّفْءِ مثلًا. بينما تُنَبِّهُ إحساساتُ الألَمِ الجِسْمَ حولَ الأخْطارِ المُحْتَمَلَة.



هذه الفتاةُ عَمياءُ، لكِنَّها تَسْتَطيعُ القِراءةَ بإمرارِ رؤوسِ أصابِعِها فوقَ الصَّفْحةِ النافِرةِ الحُروف. فالكَلِماتُ «المكتوبةُ» بطريقة بريل؛ تُمَثِّلُ، بأنماطِ نِقاطِها النافِرة، حُروفًا وأرقامًا مُعيَّنة.

التَّعَوُّد

عندما يَرْتَدي الشخصُ ثيابَه صَباحًا، فإنَّه يُحِسُّ بها وهي تُسْحَبُ على جِلْدِه. لكِنَّه بعدَ فَتْرةٍ وَجيزةٍ لا يعودُ يُحِسُّ بِوُجودِها على جِسْمِه. فَقْدُ الإحساسِ هذا يُسَمَّى التَّعَوُّد، إذْ يَعْتادُ الجِلْدُ على استِثارةِ المَلابس، فيَتوقَّفُ عن إرسالِ الدَّفَعاتِ العصبيَّةِ إلى الدِّماغ. ظاهِرةُ التَّعَوُّدِ هذه مُهِمَّةٌ لأنَّ بِدونِها كانتِ المَلابِسُ تَظَلُّ تَسْتَثير الجِلْدَ وتُهَيِّجُه طَوالَ النَّهار.



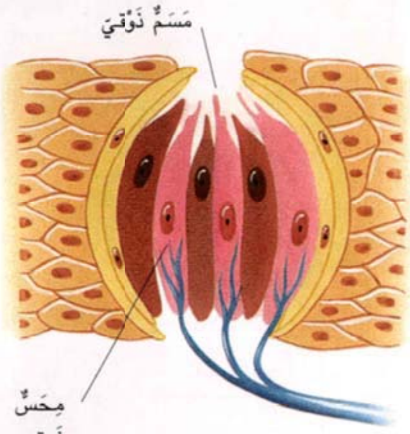
هذا المَقْطَعُ عَبْرَ الجِلْدِ يُبَيِّنُ مُخْتلِفَ نِهاياتِ الأعصابِ الحِسِّيَّة. هذه النِّهاياتُ تَسْتَشْعِرُ المَسَّ والضَّغْطَ والألَمَ والحرارةَ والبُرودة. ومنها تَنْقُلُ الألْيافُ العصبيَّةُ الدَّفَعاتِ من المِجَسَّاتِ إلى الدِّماغ.

أُنْظُر أيضًا

الجِلْدُ والشَّعْرُ والأظافِر ص 100 – 101
الدِّماغُ والجُمْلَةُ العصبيَّة ص 108 – 109
الذَّوْقُ والشَّمُّ ص 113

الذَّوْقُ والشَّمُّ

الذَّوْقُ والشَّمُّ حاسَّتان مُتَرابِطتان - كلاهما تَسْتَشِفُّ الكيماويَّاتِ في الطَّعامِ أو في الهواء. وهُما، معًا، يُمَكِّنانِ النَّاسَ من استِشْعارِ وتعَرُّفِ مدًى واسِعٍ من النَّكَهات.

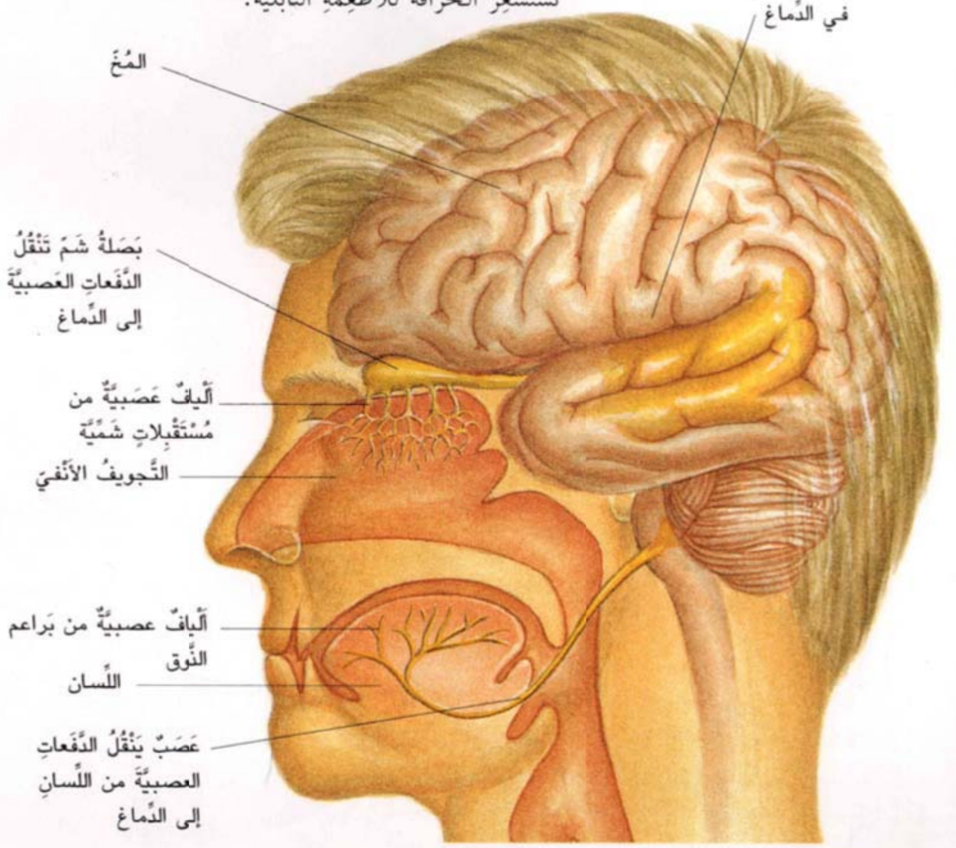


خليطُ المِحَسَّاتِ الذَّوْقيَّةِ وخلايا الحَشْوَةِ المُلَفَّفَةُ معًا في بُرْعمِ الذَّوقِ هذا أشْبَهُ بحُزَزِ بُرتُقالة. يَسْتَشِفُّ بُرْعمُ الذَّوقِ الكيماويَّاتِ المُذابةَ في اللُّعابِ الدَّاخلِ عَبْرَ مَسَمِّ الذَّوقِ الذي هو الفُتْحَةُ إلى سَطْحِ اللِّسان.

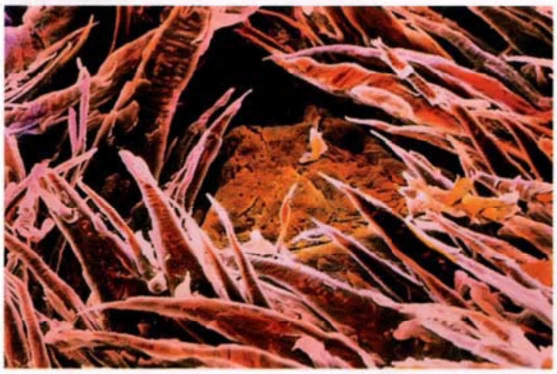
عُضْوُ الذَّوقِ هو اللِّسان، الذي يَنْتَثِرُ على سَطْحِه العُلْويِّ حوالى 10 000 بُرْعمِ ذَوْق. بَراعِمُ الذَّوق تَسْتَشِفُّ أربعةَ مَذاقاتٍ أساسيَّة - هي الحُلْوُ والحامِضُ والمِلْحُ والمُرُّ. الأطعِمةُ المُرَّةُ المَذاقِ قد تكونُ سامَّةً ويُمكِنُ بَصْقُها.

تَتواجَدُ براعِمُ الذَّوق على جوانِبِ نواتِئَ دَقيقةٍ تُغَطِّي اللِّسانَ تُسَمَّى حُلَيْمات. الحُلَيْماتُ فُطْريَّةُ الشَّكْل أشْبَهُ بعَيْشِ الغُراب. وهناك منها سَبْعُ أو ثماني حُلَيْماتٍ كبيرةٍ مُسَنَّمةٍ في مُؤخَّرةِ اللِّسان. والحُلَيْماتُ الخَيطيَّةُ الشَّكْل عديمةُ براعمِ الذَّوق فتَقْتَصِرُ مُهِمَّتُها على قَبْضِ الطَّعامِ أثناءَ المَضْغ. عندَ وصولِ كيماويَّاتِ الطعامِ المُذابِ إلى بُرْعمِ الذَّوق، تُرْسِلُ الخلايا الحِسِّيَّةُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ.

تَتوَزَّعُ براعِمُ الذَّوقِ في نُطُقٍ على اللِّسان: ذوَّاقةُ الحَلاوةِ في مُقدِّمةِ اللِّسان، ومُسْتَشِفَّةُ المَرارةِ في مُؤَخَّرته ومُسْتَشْعِرَةُ المُلوحةِ والحُموضة على امْتِدادِ جانِبَيْه. كما تتواجَدُ على اللِّسانِ أيضًا مُسْتَقبِلاتٌ تَسْتَشْعِرُ الحرارةَ والبُرودةَ، وأُخَرُ تَسْتَشْعِرُ الحَرافةَ للأَطْعِمةِ التَّابليَّة.



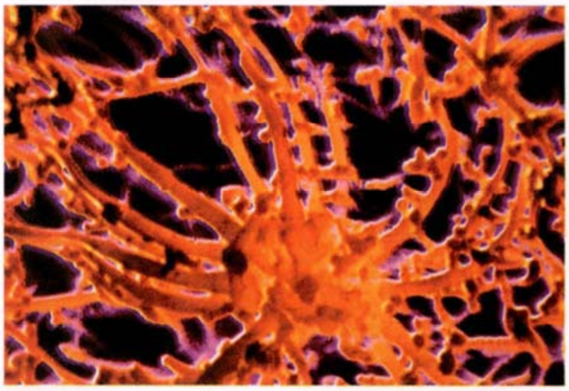
► تَتواجَدُ براعِمُ الذَّوق على السَّطْحِ العُلْويِّ لِلِّسان. تَنْطلِقُ الدَّفَعاتُ العصبيَّةُ من هذه البراعِمِ عَبْرَ الأعصابِ إلى باحَةِ الذَّوْقِ في الدِّماغ. وتَتواجَدُ المُسْتَقْبِلاتُ الشمِّيَّةُ في الجُزْءِ العُلْويِّ من جانبَيِ التَّجْويفِ الأنْفيّ. الدَّفَعاتُ العصبيَّةُ من هذه المُسْتَقْبِلاتِ تُرْسَلُ إلى جُزْءِ الدِّماغِ المُخْتَصِّ بتَعْيين ماهيَّةِ الرَّوائح.



مَنْظَرٌ مُكَبَّرٌ 180 مرَّةً لِسَطْحِ اللِّسانِ العُلْويِّ يُبَيِّنُ حُلَيْماتٍ خيطيَّةً مؤسَّلةً (مُدبَّبة) تُحيطُ بِحُلَيْمةٍ فُطريَّةِ الشَّكْلِ (باللَّونِ البُرتقاليِّ المُصفَرّ) على جوانِبِها براعِمُ ذَوْق.

الشَّمُّ

حاسَّةُ الشَّمِّ تُمَكِّنُ النَّاسَ من الاستِمْتاعِ بالطَّعامِ ومن تجَنُّبِ الموادِّ الخَطِرةِ في الهواءِ والمأكولات. ويَسْتطيعُ البَشَرُ تَبَيُّنَ أكثرَ من 10 آلافِ ضَرْبٍ من الروائحِ المُخْتلِفة. ويتَواجد حوالى 10 ملايين مُسْتَقْبِلٍ شَمِّيٍّ في الجُزْءِ العُلْويِّ من التَّجْويفِ الأنْفيِّ في رُقْعتَيْنِ ظِهاريَّتَيْنِ (بِطانيَّتين) كُلٌّ منهما بحَجْمِ طابعِ البريد. ويَحْوي كُلُّ مُسْتَقْبِلٍ حوالى 20 هُدْبَةً شَعْريَّةَ الشَّكْل. عندَ اسْتِنْشاقِ الهواء، تَذُوبُ جُزَيْئاتٌ منه في المُخاطِ المائيِّ وتَرْتَبِطُ بالأَهْداب. والمَعروفُ أنَّ الشَّمَّ يُهَيْمِنُ على الذَّوق؛ فالزُّكامُ الشديدُ يجعَلُ الطعامَ تَفِهًا عديمَ النَّكْهَة.



▲ أهْدابٌ شَعْريَّةُ الشَّكْل (مُكَبَّرةٌ 10 285 مَرَّةً) تَتَشعَّبُ من مُسْتَقْبِلٍ شَمِّيٍّ في التَّجْويفِ الأنْفيِّ العُلْويّ. عندما تَمَسُّ هذه الأهدابَ جُزَيْئاتٌ «ذاتُ رائحةٍ»، تُرْسِلُ هذه الأهدابُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً شمِّيَّةً إلى الدِّماغ.

أنْظُر أيضًا

الدِّماغُ والجُمْلَةُ العَصَبيَّة ص 108 - 109
العَيْنان والإبصار ص 114 - 115
الأُذُنان والسَّمْع والتَّوازُن ص 116 - 117

العَيْنان والإبْصار

الإبْصارُ حاسَّةٌ بالِغةُ الأهمِّيَّة. فالعَيْنانِ تَسْتَشْعِران الضَّوءَ من الأشياءِ المُحيطة بالجِسْم وتُرْسِلان إلى الدِّماغ رسائلَ تُمَكِّنُ الشَّخْصَ من الرُّؤية.



البُؤْبُؤ فُتْحةٌ تُتِيحُ لأشِعَّةِ الضَّوءِ دُخولَ العَيْن. في الضَّوءِ الخافِتِ تعمَلُ القُزَحيَّةُ المُلوَّنةُ على توسيع البُؤْبُؤ.

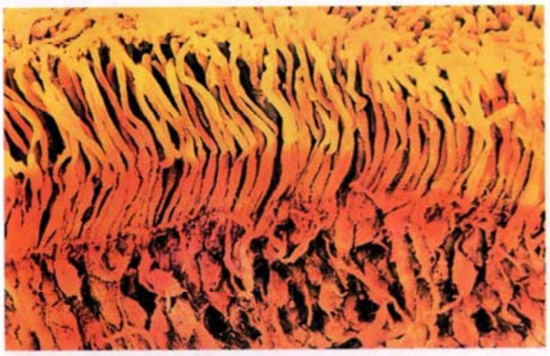


في الضَّوءِ السَّاطِعِ تُضَيِّقُ القُزَحيَّةُ البُؤْبُؤَ لِمَنْعِ فَيْض الضوءِ من دُخولِ العَيْن وإتلافِ الشبكيَّة.

العَيْنانِ فائقتا الأهمِّيَّة للإنسان وغَيْره من الحيوان. فهما تُزَوِّدان الدِّماغ بِوَفْرةٍ من المَعْلومات حولَ بيئةِ الجِسْم ومُحيطِه. الطبقةُ الشَّبكيَّةُ التي تُبَطِّنُ قاعَ العَيْن تَحْوي المُسْتَقْبِلاتِ الضوئيَّة - وهي خلايا حِسِّيَّةٌ يَسْتَثيرها الضَّوءُ. هذه المُسْتَقْبِلاتُ تُؤلِّفُ حوالى 70 بالمئة من مجمَل المُسْتَقْبِلاتِ الحِسِّيَّةِ في الجِسْمِ البَشَريّ. وفي ذلك دَليلٌ على مدَى أهَمِّيَّتِها. تتواجَدُ المُقْلتان داخلَ مَحْجرَيْهما في الجُمْجُمة؛ ويبلُغُ قُطْرُ الواحدةِ منها حوالى 2,5 سم، ولا يظهَرُ منها سِوى جُزْءٍ صغيرٍ من مُقَدِّمَتِها. تَتحَرَّكُ كُلُّ مُقْلةٍ بواسِطةِ سِتِّ عَضَلاتٍ خارجيَّة، تُمَكِّنُ الشخصَ من النَّظرِ من جانِبٍ إلى آخَر، كما إلى أعلى وإلى أسْفَل. وتُيَسِّرُ هذه العَضَلاتُ للمُقْلَتَيْن حَرَكاتٍ دقيقةً خاطِفَةً تُمَكِّنُ العَيْنَيْن من استِمْراريَّةِ تفَرُّسِ مُحيطِهما.

البُقْعة العَمْياء

البُقْعةُ العَمْياء هي منطقةٌ صغيرةٌ في شبكيَّةِ العَيْن، حيثُ يَدْخلُها العَصَبُ البَصَريّ. وهي خاليَةٌ من المِحَسَّاتِ



هذا مَقْطعٌ عَبْرَ الشبكيَّةِ - طَبَقةِ العَيْن الحَسَّاسةِ للضَّوء. النَّبابيتُ والمَخاريطُ (المُبَيَّنة بالأصفر) تَسْتَجيبُ للضَّوءِ وتُرْسِلُ إلى الدِّماغ رسائلَ عَبْرَ الأليافِ العصبيَّة (المُبَيَّنة بالقَرَنْفُلي).

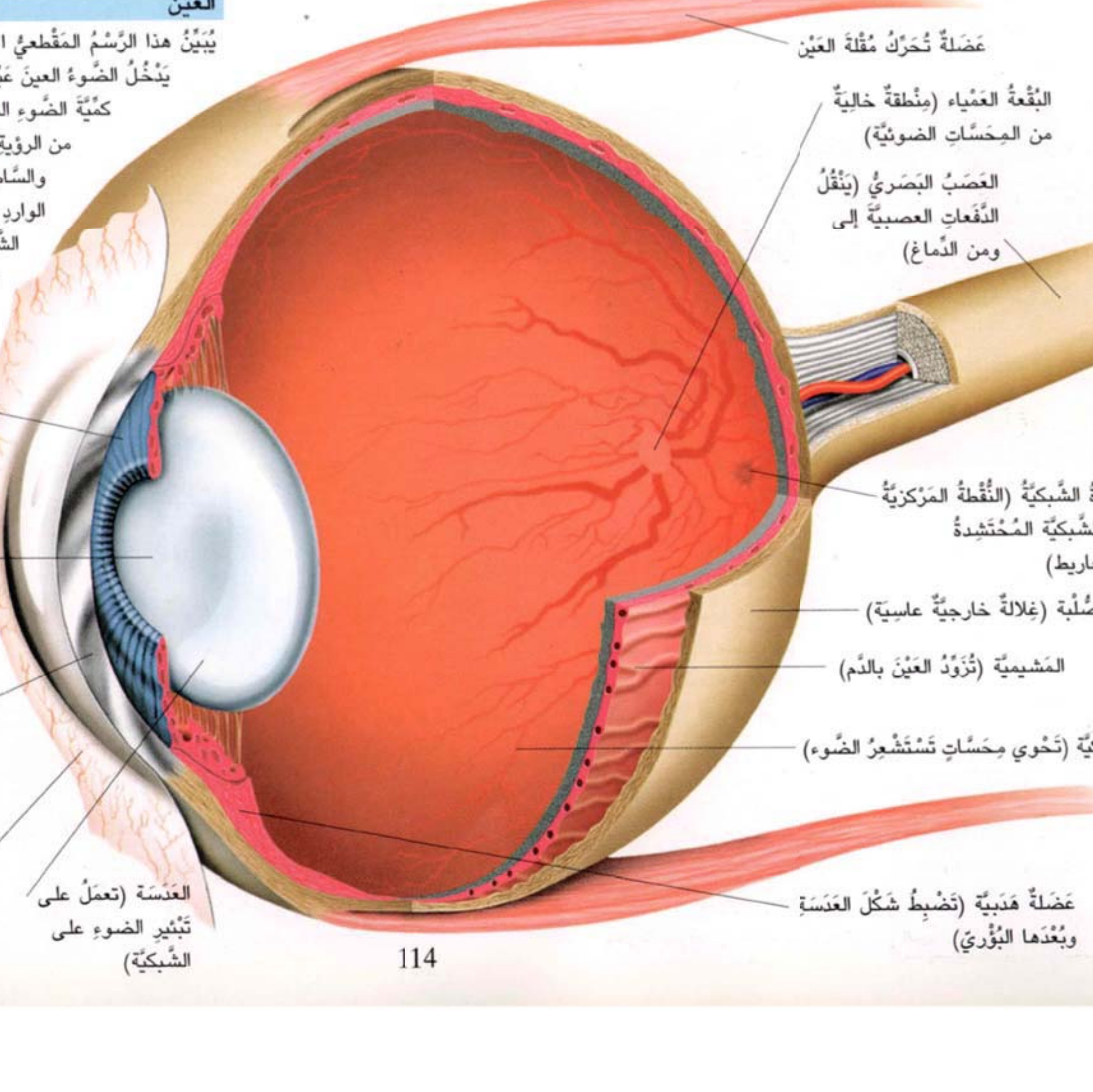
الضوئيَّة. وهذه البُقْعةُ لا تُعيقُ الإبصار. والناسُ عادةً لا يَشعرون بأيِّ تأثيرٍ لها لأنَّ الدِّماغَ يَتعَمَّدُ «تَجاهُلَها».

الإبْصار

تنكَسِرُ (تَنْحني) أشِعَّةُ الضَّوءِ الدَّاخلةُ إلى العَيْن بواسطةِ القَرْنيَّةِ والعَدَسةِ بحيثُ تَتَبأَّرُ على الشَّبكيَّة. العَضَلتانِ الهَدَبيَّتانِ تَضْبِطان سماكةَ العَدَسَةِ لِتَبْئيرِ الضَّوءِ من الأجْسامِ القَريبةِ والبَعيدة. وتتحكَّمُ القُزَحيَّةُ في كمِّيَّةِ الضَّوءِ الداخلةِ إلى العَيْن - إذْ يقومُ نَسيجُها العَضَليُّ على الدَّوامِ بتَعْديلِ

العَيْن

يُبَيِّنُ هذا الرَّسْمُ المَقْطعيُّ الأجزاءَ الداخليَّةَ والخارجيَّةَ للعَيْن. يَدْخُلُ الضَّوءُ العينَ عَبْرَ القَرْنيَّةِ الشَّفَّافة؛ فتَضْبِطُ القُزَحيَّةُ كمِّيَّةَ الضَّوءِ التي تَعْبُرُ البُؤْبُؤَ بحيثُ يَتمكَّنُ الناظِرُ من الرؤيةِ بوضوحٍ في حالتَي الإنارة الخافِتة والسَّاطِعة. وتقومُ العَدَسةُ بتَبْئير الضَّوءِ الوارِدِ من الأجْسام القَريبةِ أو البَعيدةِ على الشَّبكيَّة المُحْتَشِدةِ بالمُسْتَقْبِلاتِ الضوئيَّة (المِحَسَّاتِ الضوئيَّة).



اتّساع بُؤبُؤِ العَيْن، فتُوَسِّعُه لإدخال مَزيدٍ من الضوءِ الخافِت أو تُضيِّقُه لِمَنْعِ الضَّوءِ الساطِعِ من إتلافِ الشَّبكيَّة.

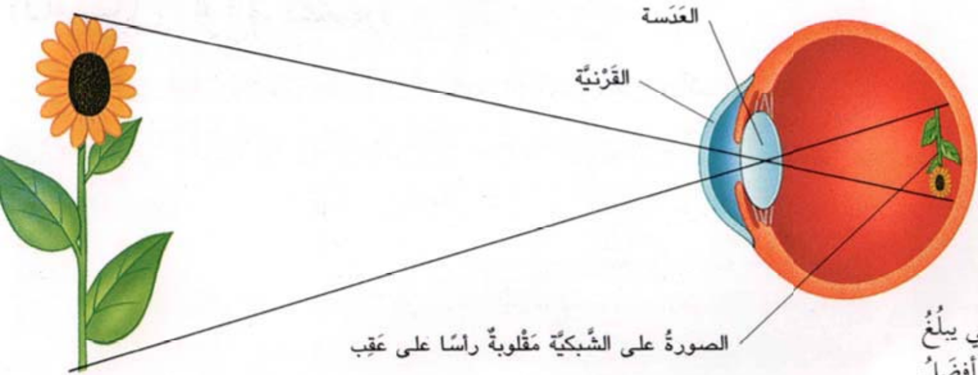
الشَّبكيَّةُ طَبقةٌ رَقيقةٌ من المِحَسَّاتِ الضَّوئيَّةِ بشَكْلِ نَبابيتَ ومَخَاريط. فالنَّبابيتُ، التي يبلُغُ عدَدُها 120 مليونًا حسَّاسةٌ للأبيض والأسْودِ فقط، فلا تكشِفُ الألوانَ. لكِنَّها تَسْتَجيبُ للضَّوءِ الخافت؛ وهذا يجعَلُها مُهِمَّةً للإبْصار اللَّيليّ. أمَّا المَخاريطُ، التي يبلُغُ عدَدُها سِتَّةَ مَلايين، فقادرةٌ على تَبيُّنِ الألْوان، وهي أفضَلُ عمَلًا في الضَّوءِ السَّاطِع. تتواجَدُ مُعظمُ المخاريط في البُقْعةِ الشَّبكيَّة التي تُوَلِّدُ الصُّوَرَ الأكثر وُضوحًا وتَفاصيلَ. هنالك ثلاثةُ أنواعٍ من المَخاريط تتبَيَّنُ الضَّوءَ الأخضرَ والأحمرَ والأزرقَ على التوالي. عندما تَسْتَشْعِرُ النَّبابيتُ والمَخاريطُ الضَّوءَ، تُوَلِّدُ دَفعاتٍ عصبيَّةً تَنْطَلِقُ عَبْرَ العصبِ البَصَريِّ إلى النُّطُقِ (الباحات) البَصَريَّة في مُؤخَّرةِ المُخِّ – الجُزْءِ الرئيسيِّ من الدِّماغ – حيثُ يتِمُّ تَقْويمُ الصُّوَرِ وتأويلُها. كُلٌّ من العَيْنَيْن بِحُكم مَوْضِعها تَتبَيَّنُ مَنظرًا مُختلِفًا قليلًا؛ والدِّماغ يَستَخْدِمُ هذه الفُروقَ لِيُوَلِّدَ صُورةً مُجَسَّمةً (ثُلاثيَّةَ الأبعاد) تُمَكِّنُ الناظِرَ من تَقْديرِ المَسافات.

عُيوبُ الإبْصار

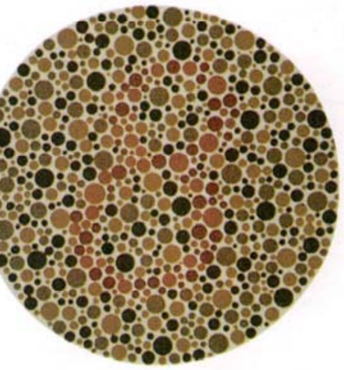
الحَسَرُ، أو قِصَرُ البَصَر، هو عدمُ القُدرة على رؤيةِ الأجسامِ البَعيدةِ بوُضوحٍ لأنَّ أشِعَّةَ الضوءِ الواردةَ منها تَتَبأَّرُ قَبْلَ وُصولِها إلى الشَّبكيَّة، فتُرى الصورةُ غَبِشَةً. ويَنتُجُ ذلك إمَّا عن طولِ المُقلة أو شِدَّة تحَدُّب العدسة. يُمكِنُ تَصْحيحُ الحَسَرِ بِوَضْعِ عَدسةٍ مُزْدَوِجةِ التقَعُّرِ أمامَ العَيْن.

مَدُّ البَصَر (طُولُ البَصَر) هو عدَمُ القُدرة على رؤية الأجسامِ القَريبةِ بوُضوحٍ لأنَّ أشِعَّةَ الضوءِ الواردةَ منها تتبأَّرُ «خَلْفَ» الشَّبكيَّة، مكوِّنةً صُورةً غَبِشَة. ويَنْتُج ذلك عن قِصَرِ المُقْلَةِ أو قصور تحَدُّبِ العَدسة. ويُمكِنُ تَصْحيحُ مَدِّ البَصَر بوَضْعِ عَدسةٍ مُزْدَوجةِ التحَدُّبِ أمامَ العَيْن. أمَّا قُصُوُّ البَصَرِ الشيخوخيّ فهو نوعٌ من طولِ البَصَرِ الذي قد يُرافِقُ الشيخوخةَ بقُصور قُدرةِ العين على التكيُّف والتَّبئيرِ على الأَجْسامِ القريبة، فيُحتاجُ إلى النَّظَّارات للقراءة وأداءِ الأعمال عن قُرْب.

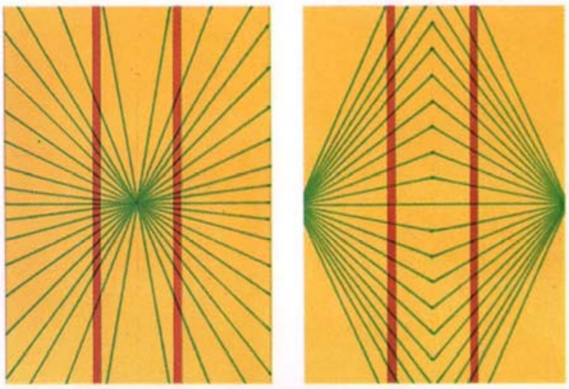
عَمَى الألْوان هو قُصورٌ عن التَّمْييزِ بينَ ألوانٍ مُعَيَّنةٍ كالأحمر والأخضرِ مثلًا؛ وهو أكثرُ شيُوعًا في الرِّجالِ مِنهُ في النِّساء.



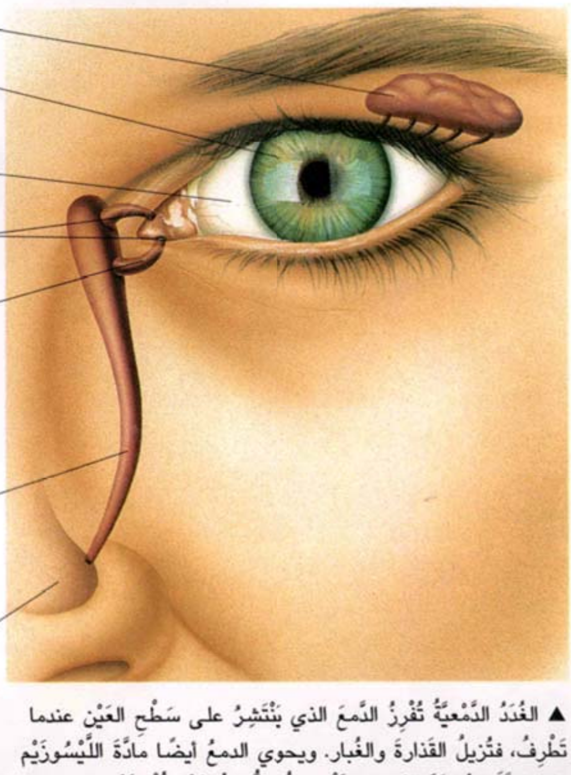
عندما يَدْخلُ الضَّوءُ من جِسْمٍ إلى العَيْن، تُبَئِّرُه القَرْنِيَّةُ والعَدسةُ، لتكوينِ صُورةٍ واضِحةٍ على الشَّبكيَّة، لكِنْ مَقْلوبةٍ راسًا على عَقِب. وعندما تُستَثارُ مِحَسَّاتُ الشَّبكيَّة بهذا الضَّوء، تُرْسِلُ المِحَسَّاتُ رسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ؛ وهناك «تُرى» الصُّورةُ قائمةً.



هذا النَّسَقُ من النِّقاطِ يَخْتَبِرُ عَمى الألْوان – أي عدمَ القُدرةِ على تمييزِ ألوانٍ مُعَيَّنة. أعْمَى الألوان يَفْتَقِرُ إلى أحدِ أنواعِ المَخاريط (مِحَسَّات اللَّون) التي تَسْتَشعِرُ الضوءَ الأحمرَ أو الأخضرَ أو الأزرق. وعَمَى الألْوان الأكثَرُ شيُوعًا هو عَمَى اللَّونَيْن الأحمرِ والأخْضر – بحيثُ لا يُمكِنُ التمييزُ بَيْنَهُما. فإذا استطعْتَ رُؤيةَ الرَّقْم ثمانية في هذا النَّسَق، فانتَ لَسْتَ مُصابًا بعَمَى الألوان – الأكثرَ شيُوعًا بين الذُّكُورِ منه بينَ الإناث.



الخُدَعُ البَصَريَّةُ صُوَرٌ تَخْدَعُ الدِّماغ. في هذين الرَّسْمَين كِلا الخَطَّين الأحمرَيْن مُسْتَقيمانِ تمامًا؛ لكِنَّهما يَبْدوان مُقَوَّسَيْن قليلًا نحوَ الداخِل (يمينًا) أو نحوَ الخارِجِ (يَسارًا).



▲ الغُدَدُ الدَّمْعيَّةُ تُفْرِزُ الدَّمعَ الذي يَنْتَشِرُ على سَطْحِ العَيْنِ عندما تَطْرِفُ، فتُزيلُ القَذارةَ والغُبار. ويحوي الدمعُ أيضًا مادَّةَ اللَّيْسُوزَيْم الكيماويَّةَ المُبيدَةَ للبَكتِريا. تَنْصرِفُ الدُّموعُ عَبْرَ فُتْحتَيْن في زاويةِ العَيْنِ وتُفْرَغُ في الأنْف.

انْظُر أيضًا

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصبيَّة ص 108 – 109
اللَّمْس ص 112
الذَّوْقُ والشَّمّ ص 113

الأُذُنان والسَّمْعُ والتَّوازُن

تَسْتطيعُ الأُذُن البَشَريَّةُ تَبَيُّنَ ما يزيدُ على 400 000 من الأَصوات المُختلِفة. وبالإضافةِ إلى قيامِ الأُذُنَيْن باستِشْعار الصوت فإنَّهما تُؤدِّيان دَورًا مُهمًّا في توازُنِ الجِسْمِ ووَضْعِته.



يتولَّدُ الصَّوتُ من تمَوُّجاتٍ مُتعاقبةٍ من الضَّغط العالي والخَفيض تَمُرُّ عَبْرَ الهواءِ كما تَنْتشِرُ التمَوُّجاتُ عَبْرَ بِرْكةٍ عندَ إسقاطِ حَجَرٍ في الماء. هذه التمَوُّجاتُ التضاغُطيَّة تدخُلُ الأُذُنَ حيثُ تَسْتَشعِرُها مِحَسَّاتُ السَّمْع، وتَبْتَعِثُها رَسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ الذي يُؤَوِّلُها أصواتًا.

معظمُ أجزاءِ الأُذُنِ تَقْبَعُ مَخْفيَّةً داخلَ العَظْم الصُّدْغيِّ للجُمْجُمة. والجُزءُ الظاهِرُ منها وهو الصِّوان يُوَجِّه التمَوُّجاتِ الصوتيَّةَ إلى داخلِ القناةِ السَّمْعيَّة – التي تُفرِزُ مادَّةً شَمْعيَّةً مُنَظِّفةً تُسَمَّى الصِّمْلاخ. الأُذُنُ الوُسْطى المليئةُ بالهواءِ تَحُدُّها طَبْلةُ الأُذُن من جانبٍ والنَّافذةُ البيضويَّةُ من الجانب الآخر. ومَنْفذُها الوحيدُ هو عَبْرَ النَّفير (قناةِ أُستاكيُوس) المُوصِّل إلى الحَلْق. وبواسِطتِه يتأمَّنُ بقاءُ الضَّغْطِ مُتَساويًا على جانبَي طَبْلة الأُذُن. وفي حالِ انعدامِ هذا التساوي لا يَتَسَنَّى لِطَبْلةِ الأُذُنِ التذَبْذُبُ كما يَنْبغي، فيَخْتَلُّ السَّمْع. ويَحْدُثُ ذلك بسبب تغَيُّراتِ الضغط الفُجائيَّة – كما يحصُل عندَ دُخولِ قِطارٍ في نَفَق. ويُمكنُ تَسريعُ عَودةِ هذا التساوي بين الضغطين على جانبَي الطبلة بالتَّثاؤب أو المَضْغ – فيَنْدفعُ الهواءُ من الحَلْقِ إلى داخلِ النَّفير أو إلى خارِجه بِفَقْعَةٍ مَحسوسَة يَتساوى معها الضغطان، ويعودُ السَّمْعُ سَويًّا. الأُذُنُ الداخليَّةُ تَضُمُّ مُسْتَقْبِلاتٍ صوتيَّةً تتَّصِلُ بالدِّماغ؛ وهي مَليئةٌ بالمائع ومُحْكَمةُ السَّدِّ داخِلَ بِنْيةٍ عَظْميَّة.

كيفَ نَسْمَع

تَنطلِقُ التمَوُّجاتُ الصوتيَّةُ من مَصْدرِ الصَّوتِ الذي يُحدِثُها، كجهازِ راديو مثلًا، فتَدْخلُ الأُذُنَ عَبْرَ القَناةِ السَّمْعيَّة (الصِّماخ) فتَتَذبذبُ طَبلةُ الأذُن، وهي القِطْعةُ الجِلْديَّةُ المَشْدودةُ في نهايةِ هذه القناة، عندما تَصْدِمُها التمَوُّجاتُ الصوتيَّة. وتنقُل طَبلةُ الأذُن هذه الذَّبْذباتِ إلى العُظَيْماتِ السَّمْعيَّةِ الثَّلاث – المِطْرقة والسَّندان والرِّكاب – في الأذُنِ الوُسْطى. وبتَذَبْذُبِ هذه العُظَيْمات يُحَرِّك العَظْمُ الرِّكابيُّ الغِشاءَ الذي يُغَطِّي النافذةَ البَيْضَويَّةَ شدًّا ودَفْعًا. فتُحْدِثُ هذه الحَرَكةُ ذَبْذباتٍ في مائعِ الأذُنِ الدَّاخليَّة تَسْتَشْعِرُها المِحَسَّاتُ في القَوقَعة. وهٰذه، بدَورها، تُرسِلُها دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ، حيثُ يَتِمُّ تأويلُها فيَسْمَعُ الشَّخْصُ الصَّوت. الأصواتُ الأعلَى تُحدِثُ ذَبْذباتٍ أكبرَ في المائع. الأَصْواتُ العاليَةُ الطَّبَقةِ تُسْتَبانُ بجُزْءِ القَوقعةِ القريبِ من النافذة البَيْضويَّة، فيما تُسْتبانُ الأصواتُ الخَفيضةُ الطَّبَقةِ بطَرفِ القَوقعةِ المُلْتفّ.

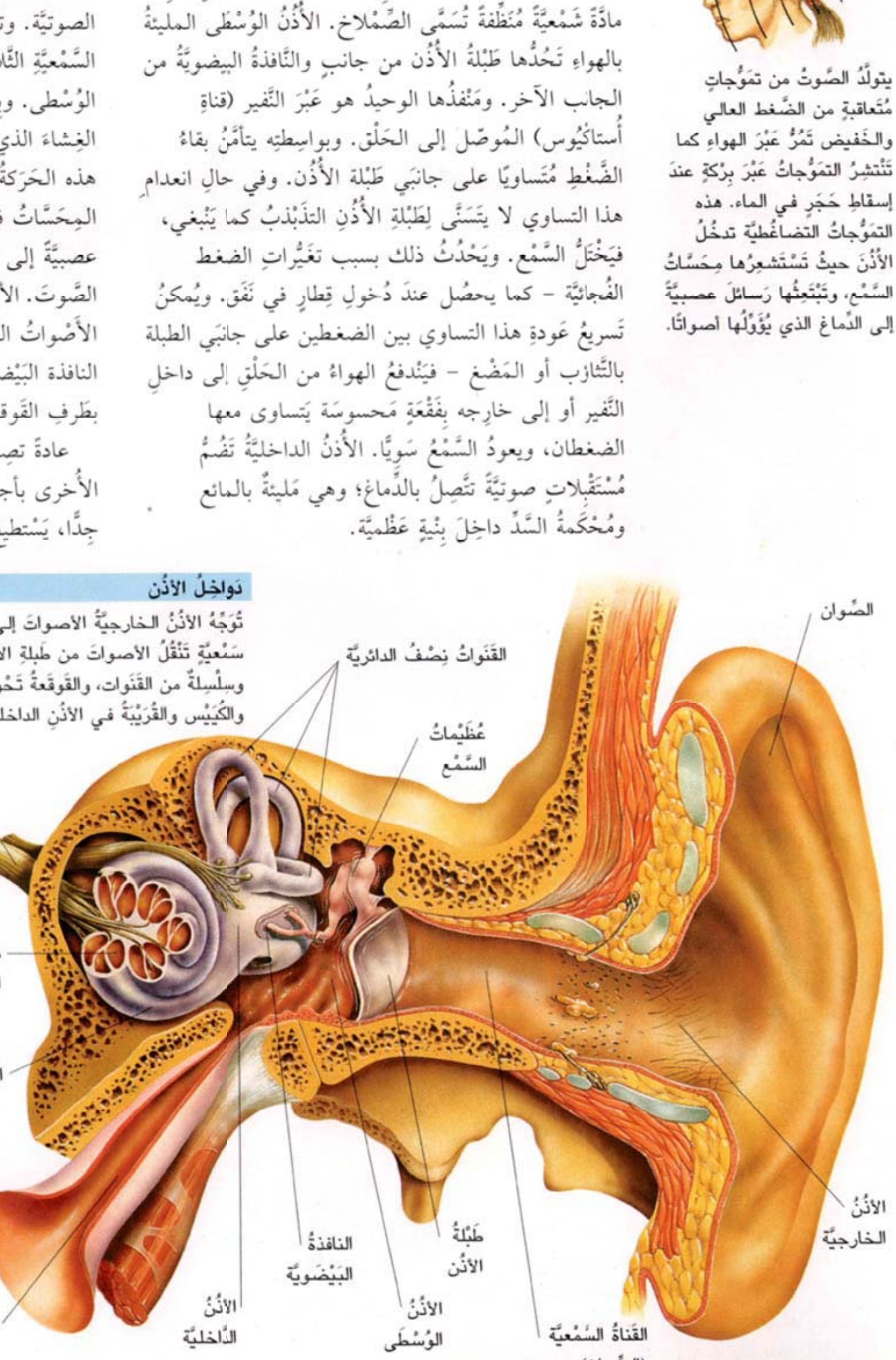
عادةً تصِلُ التمَوُّجاتُ الصوتيَّةُ إلى إحدى الأُذُنَيْن قَبْلَ الأُخرى بأجزاءٍ من الثانية. ومن هذا الفَرْقِ الزَّمَنيِّ الضئيلِ جِدًّا، يَسْتطيعُ الدِّماغُ تحديدَ جِهَةِ مَصْدرِ الصَّوْت.

دَواخِلُ الأذُن

تُوَجِّهُ الأذُنُ الخارجيَّةُ الأصواتَ إلى داخلِ الأذُن. الأذُنُ الوُسْطَى تَعْترِضُها ثلاثُ عُظَيْماتٍ سَمْعيَّةٍ تَنْقُلُ الأصواتَ من طَبلةِ الأذن إلى الأذنِ الداخليَّة. الأذُنُ الداخليَّةُ يملؤها مائعٌ وسِلْسِلةٌ من القَنَوات، والقَوقَعةُ تَحْوي المِحَسَّاتِ الصوتيَّة. وتقومُ القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة والكُيَيْس والقُرَيْبةُ في الأذنِ الداخليَّة بِاسْتِبانةِ الحَرَكةِ والوَضْعَة وتوازُنِ الجِسْم.



▲ تَتبَيَّنُ الخلايا الشَّعْريَّةُ في القَوقَعةِ التغَيُّراتِ الضَّغْطيَّةَ التي تَحْدُثُ عندَ وُصولِ الأصواتِ إلى الأُذُن. هذه التغَيُّراتُ تَثْني الخُيَيْطاتِ الشعريَّةَ لتلك الخلايا، فترْسِلُ الخلايا بدَورها دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ عَبْرَ العَصَبِ القَوقَعيّ.





هذه التَّفْريسةُ بالتصوير الطَّبقيّ الحاسُوبيّ (ت ط ح) تُبَيِّنُ مَقْطعًا عَبْرَ أُذُنٍ حيَّةٍ. القَناةُ السَّمْعيَّةُ (بالأبيض) تمتَدُّ من اليَسارِ إلى الوَسَط؛ وعُظَيْماتُ السَّمْعِ المُبْرَزةُ بشِدَّة النُّور في الوَسَط. أمّا المناطقُ الرَّماديَّةُ المُرَقَّشةُ الأضخَمُ فهي عِظامُ الجُمْجُمة.



هذا المَنْظرُ للأُذُنِ الداخليَّة (المُكَبَّرُ 2074 مرَّةً) يُبَيِّنُ مِنْطقةَ القَوقَعةِ التي تَسْتَشْعِرُ الأصوات. فالأصواتُ التي تَصِلُ القَوقعةَ تُحدِثُ ذَبْذباتٍ في المائعِ القَوقعيّ - فَتَنْثَني خُيَيْطاتُ الخلايا الشَّعْريَّةِ (الصَّفراء على شكل V)، وتُرسِلُ هذه الخلايا رَسائلَ عَصَبيَّةً إلى الدِّماغ.

الأُذُنان والتَّوازُن

مِحَسَّاتُ التَّوازُن تَتَواجدُ ضِمْنَ الأُذُنِ الداخليَّة داخلَ بِنْيَتَيْن مُتَّصلتَيْن مليئتَيْن بالمائع تَقَعان بجوار القَوقَعة - هما القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة والدِّهْليز. القَنَواتُ نِصْفُ الدائريَّة الثلاثُ، المُتَعامدةُ واحدتُها مع الأُخْرَيَيْن، تَسْتَشْعِرُ حَرَكاتِ الرأس. وتَنْضَوي في قاعدةِ كُلِّ قناةٍ خلايا شَعْريَّةٌ حِسِّيَّةٌ داخلَ قُدَيحٍ هُلاميِّ القَوام. فعند تَحَرُّكِ الرأسِ يتحَرَّكُ المائعُ في واحدةٍ أو أكثرَ من هذه القَنَوات ويَثْني القُدَيْحَ وشُعَيْراتِه؛ فتُرسِلُ الخلايا الشَّعْريَّةُ دَفَعاتٍ عصبيَّةً إلى الدِّماغ. وبتَحْليلِ وتحديدِ أيٍّ من القَنَوات نصفِ الدائريَّة أرسلَتِ الرسائلَ العَصَبيَّة، يَسْتطيعُ الدِّماغُ تعَرُّفَ اتِّجاهِ تحَرُّكِ الرأس والجِسْم في أيِّ لَحْظة.

يَحْوي الدِّهْليزُ مِحَسَّي تَوازُنٍ هما القُرَيْبَةُ والكُيَيْس، وكِلاهُما يَحْوي شُعَيْراتٍ حِسِّيَّةً مُنْضويةً في حُصَيَّاتٍ أُذُنيَّةٍ (أجزاءٍ أُذُنيَّة مُؤلَّفةٍ من بِلَّوراتِ كربونات الكالسيُوم). القُرَيْبَةُ تَتَبيَّنُ التَّسارُعَ والتَّقاصُرَ السَّريعَيْن، بينما يَتَبيَّنُ الكُيَيْسُ التغَيُّراتِ في وَضْعِ الرأس. وتَتَواجَدُ هذه المَعْلوماتُ مع الرَّسائلِ العَصَبيَّةِ من العَيْنَيْن ومن المِحَسَّاتِ الضَّغْطيَّةِ في القَدَمَيْن ومن المُسْتَقْبِلاتِ في العَضَلاتِ والمَفاصِلِ مُزَوِّدةً الدِّماغَ بصورةٍ كاملةٍ عن وَضْعِ الجِسْم. ومن ثَمَّ، يَسْتطيعُ الدِّماغُ إصدارَ تَعْليماتٍ مُحَدَّدةٍ إلى العَضَلاتِ لِتَعديلِ أوضاعِ الجِسْم للحِفاظ على وَضْعِه وتَوازُنِه.

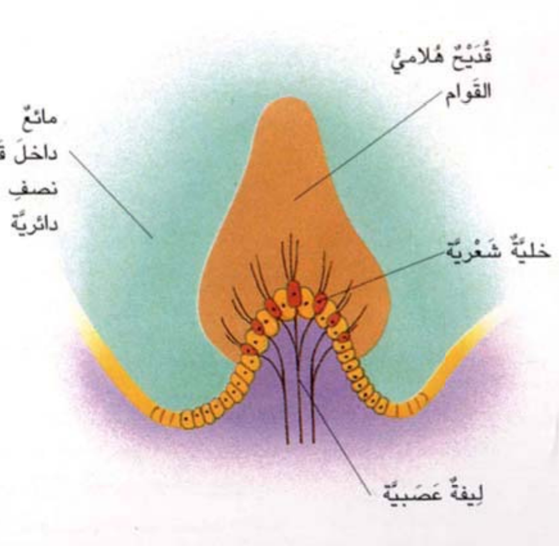
مَدى السَّمْع

يَسْتطيعُ البَشَرُ سَماعَ مَدًى واسِعٍ من الأصوات، من الهَمْهَماتِ الخَفيضةِ الطَّبَقة إلى الزَّعَقاتِ الصَّريريَّةِ العاليةِ الطبقة. وتُحَدَّدُ الطَّبَقةُ بتَرَدُّدِ الصَّوت، أي سُرعةِ توارُد ذُرَى الأمواجِ الصوتيَّة وتتابُعِها. ويُقاسُ التَرَدُّدُ الصوتيُّ بالهِرْتز (هز)، أو بالتمَوُّجاتِ الصوتيَّةِ في الثانية.

صِغارُ السِّنِّ يَسْتطيعونَ سَماعَ أصواتٍ تَتَراوحُ تَردُّداتُها بين 20 وَ 20 000 هرتز. لكنَّ مَدَى الأصواتِ المَسْمُوعة يَقِلُّ مع التقَدُّمِ في السِّنِّ، بحيثُ يَتعَذَّرُ على الشُّيوخ سَماعُ الأصوات الأعْلى طَبَقةً. بعضُ اللَّبُوناتِ تَسْتطيعُ سَماعَ أصواتٍ عاليةِ الطبقة لا يَسْتطيعُ البَشَرُ سَماعَها. فالخفافيشُ مثلًا تَسْتطيعُ سماعَ أصواتٍ يَتَراوحُ مَداها بين 1000 وَ 120 000 هِرتز، والقِطَط بين 60 وَ 65 000 هِرتز.



▲ تقومُ القَنَواتُ نِصفُ الدائريَّة والقُرَيْبَةُ والكُيَيْسُ بدَورٍ مُهِمٍّ في حفظ التَّوازُن. فهي تُرْسِلُ مَعْلوماتٍ حولَ أوضاعِ الرأسِ وحَرَكاتِه إلى الدِّماغ. والدِّماغُ يُصْدِرُ تَعْليماتٍ إلى العَضَلاتِ للحركةِ وتوضيعِ الجِسْمِ بحيث لا يفقِدُ تَوازُنَه ويسقُط.



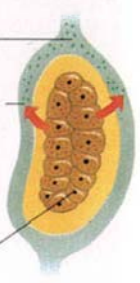
◄ يُوجَدُ داخلَ كُلِّ قناةٍ نِصْفِ دائريَّةٍ مليئةٍ بالمائع عُجْرةٌ هُلاميَّةُ القَوام، تُسَمَّى القُدَيح. تَنْضَوي في القُدَيح خلايا شَعْريَّةٌ بحيثُ إذا تحرَّكَ الرأسُ يتحَرَّكُ المائعُ أيضًا، فيَثْني القُدَيْح. وبِانْثِناءِ القُدَيح تُرسِلُ الخلايا الشَّعْريَّةُ فيه رسائلَ عصبيَّةً إلى الدِّماغ تجعَلُ الشَّخْص يُدْرِكُ تحَرُّكاتِه.

اُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة
ص 106 – 107
الدِّماغُ والجُمْلَةُ العَصَبيَّة
ص 108 – 109

الهُرْمُونات

مَنظومةُ الغُددِ الصمَّاء تُنتِجُ مَراسيلَ كيماويَّةً تُسَمَّى هُرْمونات، وتُطلقُها في مَجرى الدَّم مُباشَرةً. الهُرْموناتُ المُختلفةُ تَحْكُمُ عمليَّاتٍ مُخْتلِفةً كالتَّناسُلِ والنمُوّ.



الغُدَّةُ هي مَجْموعةٌ من الخلايا تُطْلِقُ كيماويَّاتٍ داخلَ الجِسْم أو عليه. الغُدَدُ الصمَّاءُ غُدَدٌ لاقَنَويَّةٌ (أعلاه) تُطْلِقُ هُرْموناتِها في مَجْرى الدَّم مُباشَرةً؛ والدَّمُ يَنْقُلُها إلى جُزْءِ الجِسْم حيثُ تُحْدِثُ تأثيراتِها.

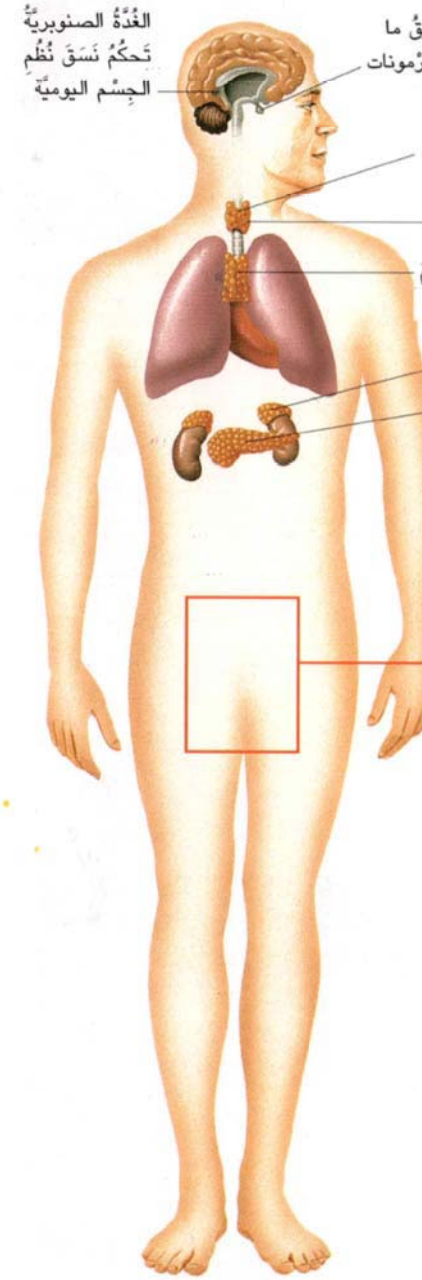


الغُدَدُ الخارجيَّةُ الإفراز، كالغُدَدِ اللُّعابيَّةِ والعَرَقيَّة، تُسَمَّى أيضًا الغُدَدَ القَنَويَّةَ لأنَّها تُطْلِقُ إفرازاتِها، كاللُّعابِ أو العَرَق، عَبْرَ قَنَواتٍ تُفْضي إلى حَيِّزٍ داخلَ الجِسْم أو على سَطْحِه.

تتألَّفُ مَنظومَةُ أو جُملةُ الغُدَدِ الصمَّاء، وهي الجهازُ الهُرْمونيُّ، من عَدَدٍ من الغُدَدِ الصُّمِّ (اللَّاقَنَويَّة) الهُرْمونيَّةِ الإفراز. وهي، مع الجُمْلةِ العَصَبيَّة، تَحكُم وتُنَسِّقُ الكثيرَ من أعمالِ الجِسْم. يَقومُ جهازُ الغُدَدِ الصمَّاء بِدَورٍ رئيسيٍّ في عمليَّتَي التكاثُرِ والنُّموّ، كما يَتحكَّمُ في عِدَّةِ عمليَّاتٍ أُخرى. وهو يعمَلُ بطرائقَ تَختلِفُ كثيرًا عن طرائقِ الجُمْلةِ العَصَبيَّة. ففي الجُملةِ العَصَبيَّة تُنْقَلُ الرسائلُ على شَكْلِ دَفَعاتٍ كهربائيَّة؛ فيما يُطْلِقُ جهازُ الغُدَدِ الصُّمِّ هُرْموناتِه كمَراسيلَ كيماويَّةٍ في مَجْرى الدَّم مُباشَرةً. والهُرْمونُ المَنْقولُ بالدَّم إلى هَدَفِه، يُبَدِّلُ أنشِطةَ الخلايا بزيادةِ أو تَبْطِئةِ سُرعةِ العمليَّاتِ الجاريَةِ داخِلَها. وخِلافًا للجُمْلةِ العَصَبيَّة، فإنَّ الهُرْموناتِ تعمَلُ بِبُطْءٍ ومَفعولُها طويلُ الأثَر. الغُدَّةُ النُّخاميَّةُ تَحكُمُ مُعظَمَ الغُددِ الصمَّاءِ الأُخرى؛ وهي بدَوْرِها مَحكومَةٌ بجُزْءِ الدِّماغ المُسَمَّى الوِطاء (تحتَ المِهاد). وهذا هو الرابطُ المُباشِرُ بين مَنظومةِ الغُددِ الصمَّاءِ والجُمْلةِ العَصَبيَّة.

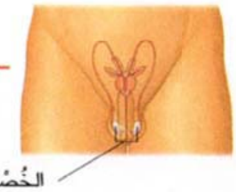
الهُرْموناتُ المُنَظِّمة

المُسْتوياتُ الهُرْمونيَّةُ في الدَّم تُنَظِّمُها مَنْظوماتُ تَغْذيةٍ مُرتَدَّةٍ سَلْبيَّة. وهذه تَعْكِسُ التغَيُّراتِ غيرِ المَرغوب فيها، لِضمان أنَّ تأثيرَ الهرمونات لا يَتجاوزُ الحَدَّ السَّويّ – لا نَقْصًا ولا إفراطًا. فالدَّرَقِين (هُرمون الدَّرَقيَّة) مثلًا، يُسَرِّعُ أيْضَ الجِسْم. فإذا تَجاوزَ هذا الهرمونُ الحدَّ السويَّ إفراطًا، فإنَّ سُرعةَ عَمل الجِسْم تَزدادُ بشِدَّة، وإذا كان التجاوزُ نَقْصًا فإنَّ سُرعةَ عمل الجِسْم تهبِطُ بشِدَّة. ولِتفادي ذلك، فإنَّ مُستوياتِ الدَّرَقِين الخفيضة تَسْتحِثُّ الغُدَّةَ النُّخاميَّةَ لإطلاقِ هُرْمونٍ مُنَبِّهٍ للدَّرَقيَّة (هـ م د) يَجعلُها تَزيدُ من إنتاجِ الدَّرقِين. وتُحدِثُ مُسْتَوياتُ الدَّرَقِين العاليَةُ تأثيرًا مُعاكِسًا.





بالإضافةِ إلى تَوليدِ الخلايا الجِنْسيَّةِ الأُنثويَّة (البُيَيْضات)، يُطْلِقُ المَبيضان الهُرْمونَ الجِنْسيَّ الأُنثويَّ الإسْتروجين (المُوبِق)



بالإضافةِ إلى تَوليدِ الخلايا الجِنْسيَّةِ الذَّكريَّةِ (النِّطاف)، تطلِقُ الخُصْيتان الهُرْمونَ الجِنْسيَّ الذَّكريَّ (التِّسْتوسْتيرون)

مَنْظومةُ الغُدَد الصمَّاء

تَتوزَّعُ الغُدَدُ التي تُؤلِّفُ مَنْظومةَ الغُدَدِ الصمَّاء عَبْرَ الرَّأس والصَّدْر والبَطْن؛ والرئيسيَّةُ منها هي: النُّخامَى والدَّرَقيَّةُ والغُدَدُ الدُّرَيْقيَّة (جَنيبات الدَّرقية) وغُدَّتا الكُظْر. تُطْلِقُ النُّخامَى (الغُدَّةُ النُّخاميَّة) أكثرَ من تِسْعَةِ هُرْموناتٍ تَحْكُمُ أنشِطَةَ مُعْظَمِ الغُدَدِ الصمَّاءِ الأُخرى؛ وهي بدَورِها مَحْكومةٌ بجُزْءٍ من الدِّماغ يُسَمَّى الوِطاءَ (تحتَ المِهاد). الغُدَّةُ الدَّرَقيَّةُ تُنَظِّمُ المُعَدَّلَ الأَيْضِيَّ في الجِسْم (سُرعةَ التفاعُلاتِ الكيماويَّة داخلَ خلايا الجِسْم). وهي بمُشارَكَةِ الغُدَدِ الدُّرَيْقيَّة، تَحكُمُ أيضًا مُسْتوياتِ الكالْسيوم في الدَّم. غُدَّتا الكُظْر تُسْهِمان أيضًا في ضَبْطِ المُعَدَّلِ الأَيْضيِّ وتُساعِدان الجِسْمَ في تَحمُّلِ الإجهاد. وتضُمُّ أعضاءٌ أُخرى أيضًا أجزاءً صَمَّاويَّة. فالمُعَثْكَلةُ (البَنْكرياس) تَحْكُمُ مُسْتَويات الغلوكوز في الدَّم، لكِنَّها تعمَلُ أيضًا كغُدَّةٍ خارجيَّةِ الإفراز فتُطْلِقُ أنْزيماتٍ هَضْميَّةً في الأمعاء. كذلك فإنَّ الخُصْيَتَيْن في الذُّكور والمَبِيضَيْن في الإناث تُوَلِّدُ هُرْموناتٍ جِنْسيَّةً بالإضافةِ إلى إنتاجِ النِّطافِ والبُيَيْضات.



يتعرَّض رُكَّابُ عَربةِ سِكَّةِ المَلاهي المُتَلوِّية هذه إلى تأثيراتِ هُرْمون الأَدْرينالين، الذي تُطْلِقُه غُدَّتا الكُظْر. هذا الهرمونُ يُساعِدُ الجِسْمَ في مُجابَهةِ المَواقفِ الخَطِرة – فيَزيدُ سُرعَتَي خَفَقان القَلْب والتنَفُّس، كما يُحَوِّلُ أيضًا الدَّمَ إلى العَضَلات. وإثْرَ إطلاقِ الأدْرينالين يكونُ الجِسْمُ مُهَيَّأً إمّا لِمُواجهَة المَواقف الخَطِرة أو الهُروب. يُسَمَّى هذا رَدَّ فِعْلِ المُجابَهةِ أو الهَرَب.

الغُدَّةُ النُّخاميَّة (النُّخامَى)

الغُدَّةُ النُّخاميَّةُ البِسِلِّيَّةُ الحَجْم في ناعدةِ الدِّماغ تُساعِدُ في التحَكُّم بجهازِ الغُدَدِ الصمَّاء؛ فهي تُطْلِقُ ما يزيدُ على تِسْعةِ هُرْمونات. بعضُ هذه الهُرْمونات يَحْكُمُ وَظائفَ جِسمانيَّةً مُعَيَّنةً مُباشَرة، كهُرْمون النمُوّ الذي يَسْتَحِثُّ عمليَّةَ النمُوّ؛ والبعضُ الآخرُ يَسْتَهدِفُ غُدَدًا صمَّاءَ أُخرى، كالهُرْمونِ المُنَبِّهِ للجُرَيْبات، الذي يَسْتَحِثُّ المَبيضَيْن على إطلاقِ الإسْتروجين – الهُرْمونِ الجِنْسيِّ الأُنْثَويّ.

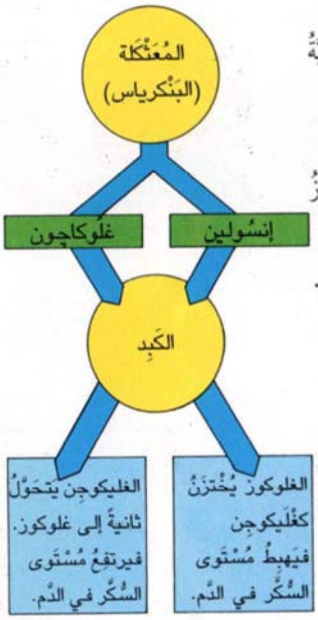
تتألَّفُ الغُدَّةُ النُّخاميَّة من فُصَّيْن أماميٍّ وخَلْفيّ. الفُصُّ الأماميُّ الأكبَرُ يُنتِجُ مُعظَمَ الهُرْموناتِ النُّخاميَّةِ التي يَجْري إطلاقُها بحَضٍّ هُرْموناتٍ يُفْرِزُها الوِطاءُ في قاعدةِ الدِّماغ. أمّا الفُصُّ الخَلْفيُّ الأصغَرُ فيَخْتزِنُ ويُطلِقُ هُرْمونَيْن يُوَلِّدُهما الوِطاء.

غُدَّتا الكُظْر

غُدَّتا الكُظْر نَجْثُمُ كُلٌّ منهُما على قِمَّة كُلْيَة. القِشْرةُ الخارجيَّةُ لِهاتين الغُدَّتين تُطلِقُ هُرْموناتٍ، تُسَمَّى الستيرُويْدات القِشْريَّة. هذه الهُرْموناتُ تُساعِدُ في التحكُّم بالمُعَدَّلِ الأَيْضيِّ وتَنْظيم تركيزِ الموادِّ في الدَّم؛ أمّا لُبُّ الكُظْر فيُفْرِزُ الأَدْرينالين. عِنْدَ الإحساس بالخَطرِ أو الإجهاد، يُرْسِلُ الدِّماغُ رَسائلَ عصبيَّةً إلى غُدَّتَي الكُظْرِ لِتُفْرِزا الأَدْرينالين. هذا الهُرْمونُ يُحَضِّرُ الجِسْمَ لِمُجابَهةِ التَّهديدِ أو تَجنُّبه بالهَرَب.

المُعَثْكَلة (البَنْكرياس أو المِعْقَد)

المُعَثْكَلةُ مَوقِعُها تحتَ المَعِدة. وهي تُطْلِقُ هُرْمونَي الإِنْسُولين والغلُوكاچون – اللَّذين يَحْكُمان مُسْتويات الغلوكوز في الدَّم. والمَعروفُ أنَّ الخلايا تَحتاجُ إلى مَددٍ ثابتٍ من الغلوكوز، وأنَّها لا تَسْتطيعُ تَلَقِّي الغلوكوز إذا كان مُستواه في الدَّم عاليًا جدًّا أو خَفيضًا جدًّا. الإنسُولين والغلوكاچون يُوازنانِ واحِدَهما الآخرَ طبيعيًّا لِلحِفاظ على مُستوًى ثابتٍ للغلوكوز – سَواءٌ كان الشخصُ جائعًا أو شَبعانَ بطعامٍ تناوَله مُنْذُ فَتْرةٍ وَجيزة.



المُعَثْكَلةُ (البَنْكرياس) تُطْلِقُ هُرْمونَي الإنسُولين والغلُوكاچون. وهذان الهُرْمونان يَعْملانِ بطريقتَيْن مُتَضادَّتينِ لِنَظْمِ مُسْتَوياتِ الغلوكوز في مَجْرى الدَّم. فإذا ارتفَعَ مُسْتَوى الغلوكوز، يَسْتَحِثُّ الإنسُولين الخلايا لامتِصاص الغلوكوز، والكَبِدَ لِتَخْتزِنَه كغليكوجِن. وإذا هبَطَ مُسْتَوى الغلوكوز، يَسْتَحِثُّ الغلُوكاچون الكَبِدَ لِتُعيدَ تحويلَ الغليكوجِن ثانيةً إلى غلوكوز.



► يَستَخْدِمُ هذا الفَتى يوميًّا زرَّاقةً أُوتوماتيَّةً خاصَّةً لِحَقْن الإنسُولين في جِسْمِه. إنَّه يُعاني من داءِ السُّكَّريّ حيثُ لا تُنْتِجُ مُعَثْكَلتُه هُرْمونَ الإنسُولين. وبدونِ هذه الحُقَنِ فإنَّ جِسْمَه لا يَسْتَطيعُ التحَكُّمَ في مُسْتَوياتِ الغلوكوز في الدَّم، فتعْتَلُّ صِحَّتُه ويَشْتَدُّ مَرَضُه.

أُنْظُر أيضًا

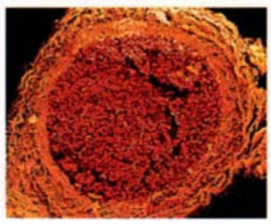
الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109، الدَّم ص 122
الأَيْض (الاستِقلاب) ص 130
التناسُل ص 132

القَلْبُ والدَّوْرةُ الدَّمويَّة

جِهازٌ أو مَنْظومةُ دَورانِ الدَّم يُمِدُّ خلايا الجِسْم بكافَّةِ احْتِياجاتِها. وتتألَّفُ هذه المَنْظومةُ من القَلْبِ والأوْعيَةِ الدَّمويَّةِ والدَّمِ الذي يَسْري عَبْرَها.



الطبيبُ الإنكليزيُّ وِلْيَم هارْفي (1578 – 1657) كان أوَّلَ من بَيَّنَ أنَّ الدَّمَ يَدورُ في اتِّجاهٍ واحدٍ حَوْلَ الجِسْم، وأنَّ القَلْبَ هو الذي يَضُخُّه. أمَّا أوَّلُ مَن بَيَّن دَورانَ الدَّم بين القَلْب والرِّئتين فكان الطبيبَ العربيَّ، ابنَ النَّفيس (ح. 1205 – 1288).

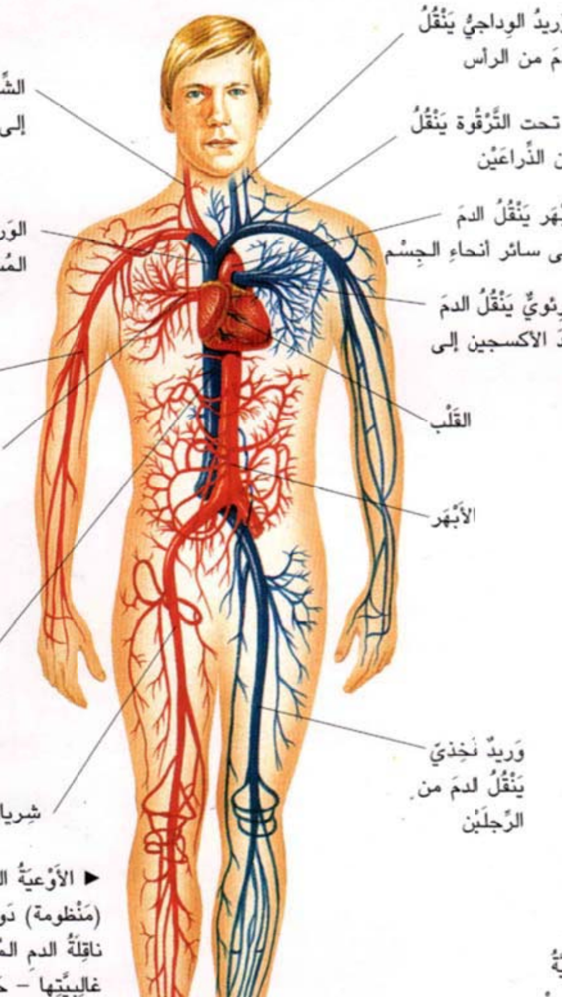


المَقْطَعُ المُسْتَعْرِضُ المُكَبَّرُ (أعلاه) يُبَيِّنُ جُدْرانَ الشَّرايين السَّميكة.

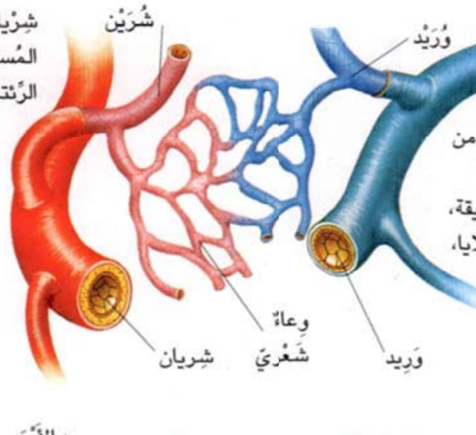
يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ عَبْرَ شَبكةٍ من الأوعيَةِ الدَّمويَّة، يَبْلُغ امتدادُها حوالى 150 000 كيلومتر في أنحاءِ الجِسْم البَشَريّ. هنالك ثلاثةُ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من الأوعيَةِ الدَّمويَّة هي: الشرايينُ السَّميكةُ الجُدرانِ – وهي تنقُلُ الدَّمَ بعيدًا عن القَلْب؛ والأَوْرِدةُ الأرَقُّ جُدرانًا – وهي تنقُلُ الدَّمَ عودًا إلى القَلْب؛ والشُّعَيْرِيَّاتُ المِجْهريَّةُ التي تصِلُ الأَوْرِدَةَ بالشَّرايين. وبكَون الشُّعيريَّات تشَعُّباتٍ من الشُّرَيْنات (أصغر الشرايين)، فإنَّها تعبُر الأنسِجَةَ وتُزَوِّدُ مَجْموعاتِ الخلايا بالموادِّ الأساسيَّة. وبدَوْرها تسري الفَضَلاتُ عَودًا إلى الشُّعَيْرِيَّات التي تترابطُ وتتَّحِدُ لِتكوِّنَ الوُرَيْدات، التي بدَوْرها تتَّحِدُ لتكوِّنَ الأوْردة. الدَّوْرةُ الدَّمويَّةُ البَشَريَّةُ مُزْدوجةُ الدورات – رئويَّةٌ وجهازيَّة. الدورةُ الرئويَّةُ تَنْقُلُ الدَّمَ إلى الرِّئتَيْن؛ والجهازيَّةُ تنقُلُ الدَّمَ إلى مُختلِفِ أنحاءِ الجِسْم. ويَسْتَغرِقُ دورانُ الدَّم حوالى 60 ثانِيَةً لِيُنجِزَ دَوْرةً كامِلَةً حولَ الجِسْم.

تَشْريحُ القَلْب

القَلْبُ مِضَخَّةٌ عَضَليَّةٌ قَويَّةٌ تُبْقي سَريانَ الدَّم مُسْتَدامًا في سائر أنحاءِ الجِسْم. يُقْسَمُ القَلْبُ طوليًّا إلى نِصْفَيْن، أيمنَ وأيسَر، بواسطةِ الحاجزِ العَضَليّ. ويتألَّفُ كُلُّ نِصْفٍ من حُجْرةٍ عُلْويَّةٍ أصغرَ، تُسَمَّى الأُذَيْن، وحُجْرةٍ سُفْليَّةٍ أكبرَ تُسَمَّى البُطَيْن. يَتلَقَّى الأُذَيْنُ الأيمنُ الدَّمَ المُستَنْفَدَ الأُكسجين من الجِسْم عَبْرَ وَريدَيْن كبيرَيْن هما الوَريدُ الأَجوفُ العُلْويّ والوَريدُ الأَجوفُ السُّفْليّ. ويَنْقُلُ الشِّريانان الرِّئويَّان (الأيمنُ والأيْسَر) الدمَ المُستَنْفَدَ الأُكسجين من البُطَيْنِ الأيمن إلى الرِّئتَيْن. يَتلَقَّى الأُذَيْنُ الأيْسَرُ الدمَ المُؤكسَجَ عَبْرَ الأَوْرِدةِ الرِّئويَّةِ الأربعة من الرِّئتين. ويَضُخُّ البُطَيْنُ الأيْسَرُ الدمَ المُؤكْسَجَ إلى سائر خلايا الجِسْم عَبْرَ شِرْيانٍ كبيرٍ يُسَمَّى الأَبْهَر.



◄ الأوْعيَةُ الدَّمويَّةُ في هذه الخريطة لجهازِ (مَنْظومة) دَورانِ الدَّم مُمَيَّزةٌ لَوْنيًّا. فالأوعيَةُ ناقِلَةُ الدم المُؤكسَج – وهي شَرايينُ في غالِبيَّتِها – حَمْراءُ اللَّوْن. والأوعيَةُ ناقِلَةُ الدمِ المُسْتَنْفَدِ الأُكسجين – وهي أوردةٌ في غالِبيَّتِها – زرقاءُ اللَّوْن. الاستِثْناءاتُ هي الشِّريانان الرِّئويَّان اللَّذان يَنْقلان الدمَ المستَنْفَدَ الاكسجين إلى الرِّئتين، والأوردةُ الرِّئويَّةُ الأربعة التي تَنْقُلُ الدمَ المُؤكسَجَ من الرِّئتَيْن.



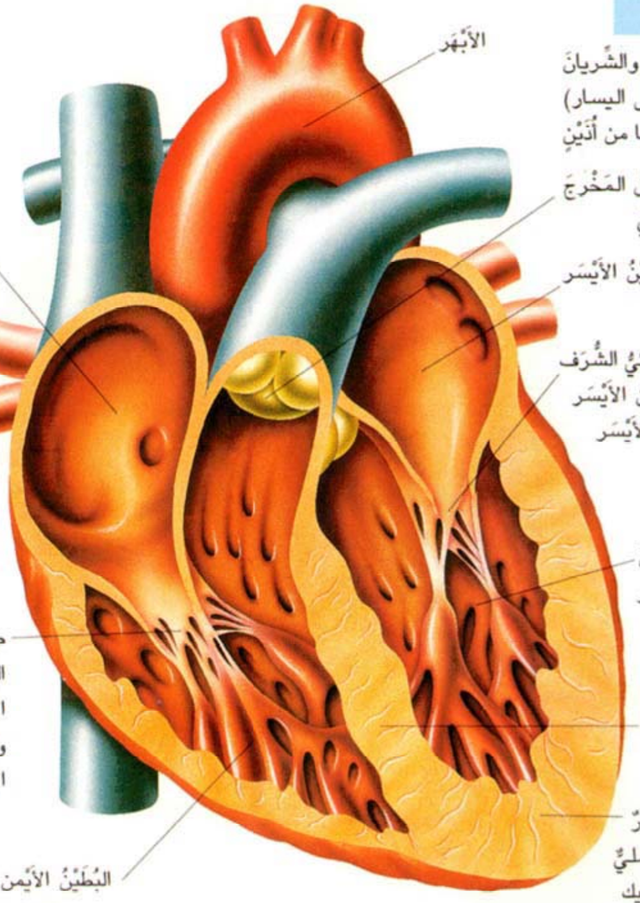
◄ يَسْري الدَّمُ من الشَّرايين، عَبْرَ الشُّعَيْرِيَّاتِ الدَّقيقة، التي تُزَوِّد الخلايا، إلى الأَوْرِدة

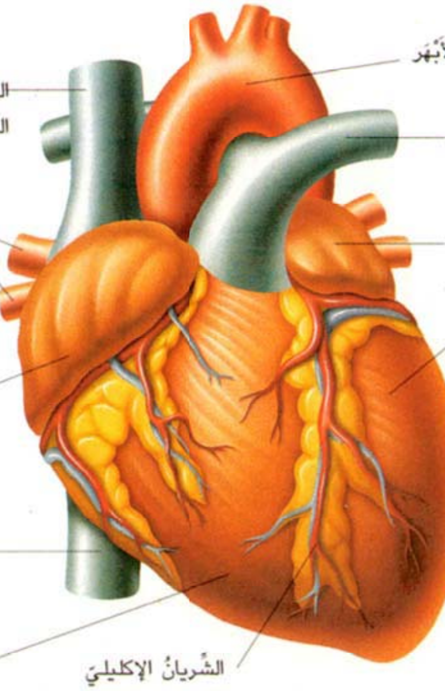


▲ تتألَّفُ مَنْظومةُ دَورانِ الدَّم من دورتَيْن: رئويَّةٍ تنقُلُ الدَّمَ الفَقير بالاكسجين من القَلْب إلى الرِّئتَيْن (حيثُ يتأكْسَج) ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى القَلْب – الدَّورةِ الصُّغْرى؛ وجهازيَّةٍ تنقُلُ الدمَ المؤكسَج (الغَنيّ بالاكسجين) من القَلْب إلى سائرِ أنحاءِ الجِسْم (حيثُ يُزَوِّدُ جميع انسِجَةِ الجِسْم بالأُكسجين) ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى القَلْب – وتُعرَفُ هذه الدَّوْرةُ بالدَّوْرةِ الكُبْرى.

القَلْب

يُبَيِّنُ المَنْظرُ الأماميُّ للقَلْب (أدناه) الأوعيةَ الدمويَّةَ الرئيسيَّةَ التي تَنْقُلُ الدمَ من القَلْبِ وإليه، والشِّريانَ التاجيَّ (الإكليليَّ) الذي يُزَوِّدُ جُدْرانَ القَلْبِ بالدَّم. ويُبَيِّنُ المَقْطعُ الطوليُّ عَبْرَ القَلْبِ (أدناه إلى اليسار) الحاجِزَ العَضَليَّ الذي يَقْسِمُ القَلْبَ طُوليًّا إلى نِصفَيْن، الأيْسَر والأيْمن، اللذين يتألَّفُ كُلٌّ منهما من أُذَيْنٍ عُلْويٍّ وبُطَيْنٍ سُفْليٍّ أكبرَ. صِمَاماتُ القَلْبِ تَمْنَعُ سريانَ الدمِ رُجوعًا.





الدَّورانُ الإكليليّ

يَمُرُّ الدمُ عَبْرَ القَلْبِ بِسُرعةٍ فائقة تَحُدُّ من قُدرته على تَزْويدِ خلايا جُدْرانِ القَلْبِ العَضَليَّة بحاجتها من الأُكسجين والغِذاء. لِذا فإنَّ لِلْقَلْبِ مَدَدَه الخاصَّ من الدم بواسطةِ الدَّورانِ الإكليليّ – حيثُ يَتشعَّبُ من الشِّريان الأبْهر شِريانان إكليليَّان يُزَوِّدان كامِلَ أجزاءِ جُدران القَلْب بالدَّم. الدَّمُ الذي يَمُرُّ عَبْرَ عَضَلةِ القَلْب يُفْرَغُ في الأُذَيْن الأيْمن. وإذا ما انسَدَّ أحدُ الشِّريانَيْن التَّاجيَّيْن، فقد يَموتُ جُزْءُ القَلْبِ الذي يُزَوِّدُه ذلك الشِّريانُ بالدَّم، ويُسَبِّبُ هذا نَوْبةً قَلْبيَّة.

خَفقانُ القَلْب

خِلالَ نَبْضةِ القَلْبِ الواحدة، يَمْتلِئُ كِلا البُطَيْنين بالدَّم ثُمَّ يَنْقَبِضان لِيَضُخَّا الدَّمَ إلى خارجِ القَلْب. وأثناءَ امتلاءِ القَلْبِ بالدَّم، يَنْغَلِقُ الصِّماماتِ الهِلاليَّان لِمَنْع سَريانِ الدَّم من الأبْهَر والشِّريانِ الرِّئويِّ عَودًا إلى القَلْب. وعندما يُفْرَغُ القَلْبُ من الدَّم، يَنْغلِقُ الصِّمامان بين الأُذَيْنَيْن والبُطَيْنَيْن لمنع الدّم من الاندفاقِ رُجوعًا إلى الأُذَيْنَيْن. ويُحْدِثُ هذا الانغِلاقُ صوتًا مَديدًا «لَبّ». وعندما يَنْغلِقُ الصِّمامان الهِلاليَّان يُحدِثان صوتًا أقصرَ «دَبّ». هذان الصَّوتانِ معًا يُؤلِّفان نَبْضةً قَلْبيَّةً، يُمكِنُ سَماعُها بالمِسْمَاع (السَّمَّاعة). ويجري نَظْمُ توقيت كُلِّ نَبْضةٍ قَلْبيَّةٍ بواسطةِ ناظِمةِ النَّبْضِ في جدارِ الأُذَيْن الأيْمن.

◄ في المُعدَّل، يَخْفِقُ القَلْبُ حوالى 75 مرَّةً في الدَّقيقة. وكُلُّ نَبْضةٍ قَلْبيَّةٍ هي دَوْرةٌ من ثلاثِ مَراحِل – انْبِساطٍ وانقِباضٍ أُذَيْنيٍّ وانقِباضٍ بُطَيْنيّ. هذه المَراحِلُ تتعاقَبُ بتَوالٍ دقيق التوقيت. وفي مَساق هذه المَراحِلِ الثَّلاث، يدخلُ الدمُ إلى الأُذَيْنين، ويَعْبُر إلى البُطَيْنين، ثُمَّ يُضَخُّ خارجَ القَلب.


أثناءَ الانْبِساط، يَرْتَخي الأُذَيْنان والبُطَيْنان، ويَمْتلِئُ الأُذَيْنان بالدَّم.


أثناءَ الانْقِباضِ الأُذَيْنيّ، يَنْقَبِضُ الأُذَيْنان فيَدْفعان الدَّمَ إلى البُطَيْنين.


أثناءَ الانْقِباضِ البُطَيْنيّ، يَنْقَبِضُ البُطَيْنان ويَضُخَّان الدَّمَ من القَلْب.


► هذه الصورةُ الشُّعاعيَّةُ تُبيِّنُ موقِعَ القَلْبِ داخِل التجويف الصَّدريِّ بين الرِّئتين (بالأصْفر)؛ وتُبَيِّنُ أيضًا الأضْلاعَ تُحيطُ وتحمي القَلْبَ والرِّئتين. ويظهَرُ أيضًا (في أسفلها) مُخَطَّطٌ لكَهْربائيَّةِ القَلْب (م ك ق) – يُسجِّل ويُبيِّنُ التغيُّراتِ الكهربائيَّةَ الجاريَةَ في القَلْب.

اُنْظُر أيضًا

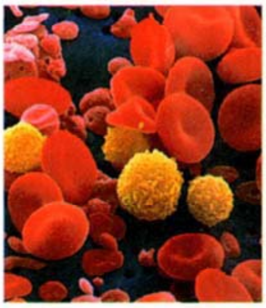
الدّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
الرِّئتان والتنفُّس ص 124 – 125
الأيْض (الإستِقلاب) ص 130

الدَّم

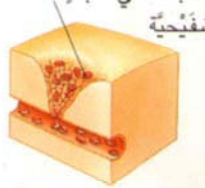
الدَّمُ يُوَفِّرُ لِتِرْليُونات خلايا الجِسْم مَنْظومةً لتَوصيلِ احْتِياجاتِها وإزالةِ فَضَلاتِها. ويُساعِدُ أيضًا في الدِّفاعِ عن الجِسْمِ ضِدَّ الخَمَجِ والعَدْوى ويُرَمِّمُ كُرَيَاتِ الدَّم المَعْطوبة.



سَيْلٌ من الدَّم يَتَدفّقُ من وِعاءٍ دَمويٍّ صغير. وتُقَدَّرُ كمّيَّةُ الدم الذي يَسْري حولَ جِسْمِ الإنسان البالغ بحوالى 6 لِتْرات في الذكر وَ 5 لِتْرات في الأُنْثى. وتَحْوي قطرةُ الدم الواحدة ما يَزيدُ على 250 مليون كُرَيَّةِ دَم حَمْراء وَ 000 375 كُرَيَّة دَمٍ بَيْضاء وَ 16 مليون صُفَيْحة. والباقي مائعٌ باهِتٌ، يُسَمَّى المَصْل (الپلازما) يتألّفُ في مُعظمِه من الماء بالإضافةِ إلى مُغَذّياتٍ وهُرْموناتٍ وپروتيناتٍ دَمويَّة وأملاحٍ وموادَّ فَضَلاتيَّةٍ وكيماويَّاتٍ كثيرةٍ أُخرى.



تُصنَعُ كُرَيَّاتُ الدَّم الحَمراء والبَيضاء (باللَّونِ الأصْفر) والصُّفَيحاتُ (باللَّونِ الوَرْدِيّ) في نُخاعِ العَظْم (النِّقْي). ويتِمُّ إنتاجُ قُرابَةَ مِليونَي كُرَيَّة دَم حمراء في الثانية.



إذا جُرِحَ وِعاءٌ دَمويّ فإنَّ صُفَيْحاتِ الدَّم تُكَوِّنُ «شَبكةً» من الألياف تَحْتَبِسُ كُرَيَّاتِ الدَّم الحَمْراء.



الألياف وكُرَيَّاتُ الدَّم الحَمْراء تُكَوِّنُ خُثْرَةً (جَلطةً) تَسُدُّ الجُرْح. ثُمَّ يَتَقَسّى سَطحُ الخُثْرةِ مُكوِّنًا جُلْبَةً قِشْريَّة.



يُرَمِّمُ الوِعاءُ الدَّمويُّ والجِلْدُ تحتَ جُلْبَةِ الجُرْح. وعندما يتِمُّ ذلك تَسقُطُ الجُلْبةُ القِشْريَّةُ الجافَّةُ القديمة.

يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ حولَ الجِسْم عَبْرَ الشَّرايين والأوردةِ والشُّعَيْرِيَّات. ويُزَوِّدُ الدَّمُ خلايا الجِسْم بالغذاءِ والأُكسجين ويُزيلُ منها الفَضَلات. ويُساعِدُ الدَّمُ أيضًا في الحِفاظ على ثباتِ درجةِ حرارةِ الجِسْم وفي مُكافحةِ المَرض ويقومُ بدَورٍ مُهِمٍّ في تَرْميمِ الأوعيةِ الدمويَّةِ المَعْطوبة.

الدَّمُ كمَنْظومةِ نَقْل

يُنْقَلُ الأُكسجينُ إلى الخلايا بواسطةِ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء القُرصيَّةِ المُقَعَّرةِ الوَجْهَيْن، المُحتَشِيَةِ باليَحْمورِ (الهيموغلوبين) - وهو مادَّةٌ تتَّحِدُ بالأُكسجين أثناءَ مُرورِ الدَّم عَبْرَ الرِّئتين، وتُطْلِقُه في خلايا الجِسْم. مَصْلُ الدم (الپلازما أو المُصوَّرة) سائلٌ مائيٌّ يؤلِّفُ حوالى 55 بالمئة من الدَّم. وهو يَنقُلُ الغذاءَ والهُرْموناتِ (المَراسيل الكيماويَّة) والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة وموادَّ عديدةً أُخرى حولَ الجِسْم. ويُساعِدُ الجِسْمَ أيضًا في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تُقارِبُ 37°س.

الدِّفاعُ والوِقاية

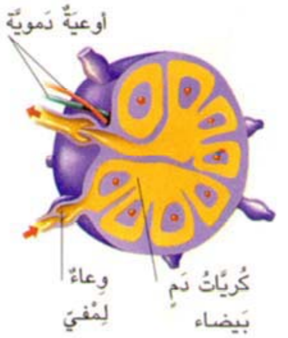
الجِسْمُ البَشَرِيُّ مُعَرَّضٌ باستِمرار لخَمَجِ المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ المُمْرِضة؛ وكُرَيَّاتُ الدَّمِ البيضاء البلعميَّة والكُرَيَّاتُ اللِّمْفاويَّة مُوَلِّدةُ المُضادَّات تعمَلُ دومًا على إبادةِ هذه الغازيات المُمْرِضة. الكُرَيَّاتُ البيضُ تغتَمِرُ وتَبتَلِعُ (تَلْتَقِمُ) المُمرِضات. واللِّمْفاويَّاتُ تُطلِقُ كيماويَّاتٍ قتَّالة، تُسَمَّى أجسامًا مُضادَّةً، تَشُلُّ المُمْرِضاتِ فيتَسَنَّى للكُرَيَّاتِ البلعميَّة اغتِمارُها وبَلْعمتُها. ويَبْدو أنَّ اللِّمْفاويَّاتِ تَتذكَّرُ ما تُجابِه من مُمرِضات فتَسْتجيبُ لمكافحتها بسُرعةٍ أشدَّ إذا ما عاودت تلك المُمْرِضاتُ مُهاجمةَ الجِسْمِ ثانيةً. الصُّفَيْحاتُ تَسُدُّ ثُقوبَ السَّرَب من الأوعيةِ الدمويَّة المَعْطوبة، فتَحولُ دونَ ولوجِ المُمْرِضاتِ إلى الجِسْم، كما تمنَعُ فَقْدَ الدَّمِ من المِنْطقةِ المَعْطوبة.

أنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة ص 120 - 121
جِهازُ المَناعة ص 137

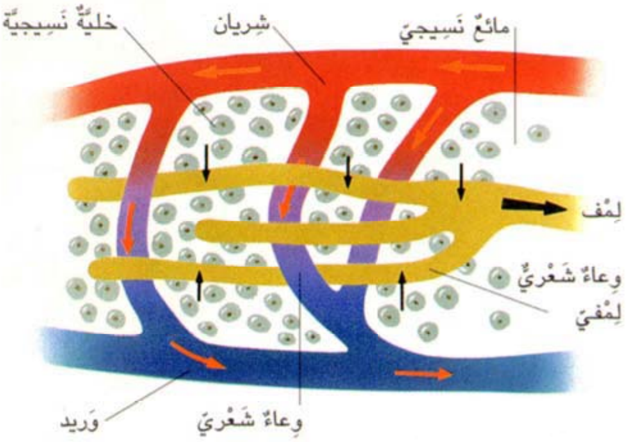
الجُمْلَةُ اللِّمْفاوِيَّة

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ مَنظومةُ نَقْلٍ تَسْتَصْفي مائعًا، يُسَمَّى اللِّمْفَ، من الأنسِجَة وتَصُبُّه في الدَّم. وهي تَحْوي أيضًا خلايا تَحْمي الجِسْمَ من الأَمْراض.



▲ العُقْدةُ اللِّمْفيَّةُ كُتلةٌ من كُريَّاتِ دَمٍ بَيْضاءَ ضِمْنَ شَبكةٍ من الأَلْياف. يُسْتَصْفى اللِّمْفُ من الأنْقاضِ والمُمْرِضات أثناءَ عُبورِه عُقْدةً لِمْفيَّة.

أثناءَ سَريانِ الدَّم عَبْرَ مَنْظومةِ الدَّوران، تَتَسرَبُ مادَّةٌ تُسَمَّى المائعَ النَّسيجيَّ عَبْرَ جُدرانِ الأوعية الشُّعَيْريَّة. هذا المائعُ يحمِلُ الأُكسجينَ والمُغَذِّياتِ الضروريَّةَ إلى خلايا الأنسِجة، ويُزيلُ منها الفَضَلات، ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى مَجْرى الدَّم عَبْرَ الجُدرانِ الشُّعَيْريَّة.



الخلايا في أنسِجَةِ الجِسْم تَسْبَحُ في مائعٍ مُسْتَمدٍّ من الشُّعَيْريَّاتِ الدمويَّةِ القريبة. والمائعُ النسيجيُّ الفائضُ يَتَسرَبُ إلى داخِلِ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةٍ رَدْبيَّةٍ (غيرِ نافذةٍ) ويَصيرُ لِمْفًا.

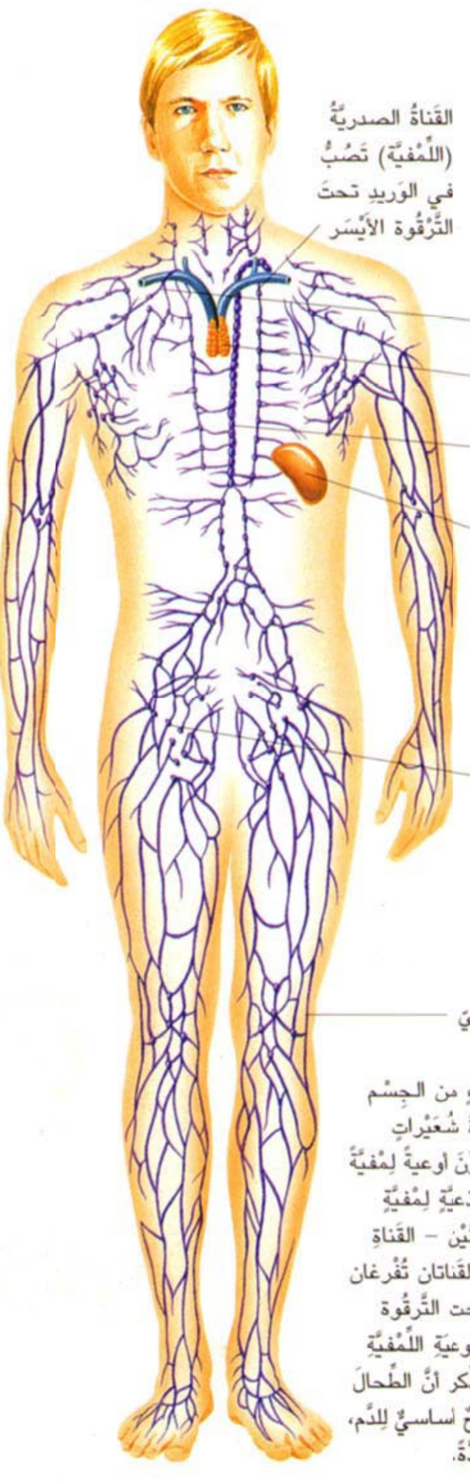
نِظامُ التَّصْريف

يُغادِرُ الشُّعَيْريَّاتِ يوميًّا حوالى 24 لِتْرًا من المائع المارِّ عَبْرَ الأنسجةِ؛ والذي يَعودُ مُعظمُه مُباشَرةً إلى الدَّم فلا يَبْقى منه فيها إلَّا حوالى 4 لِتْرات. الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ المائعَ الفائضَ، الذي يُسَمَّى الآنَ اللِّمْفَ، وتُعيدُ إفراغَه في الأوعيةِ الدمويَّةِ في أعلى الصَّدْر.

اللِّمْفُ مائعٌ عديمُ اللَّوْن يَحْوي موادَّ مُذابةً وأنقاضًا ومُتَعضِّياتٍ مُمْرِضةً، كالبَكتيريا والفَيْروسات. وهو يَسْري في اتِّجاهٍ واحدٍ مُباعِدٍ لِلأنسِجَة. وبخِلافِ الدَّمِ الذي يَضُخُّه القَلْبُ، فإنَّ اللِّمْفَ يَسْري عَبْرَ الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ بمُساعدةِ العَضَلاتِ الهيكليَّةِ التي تدفَعُه قُدُمًا كُلَّما تَنْقبِض. والصِّماماتُ في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ تَمْنَعُ سَريانَ اللِّمْفِ في الاتِّجاهِ المُعاكِس.

الدِّفاعُ والحِماية

يَمُرُّ اللِّمْفُ أثناءَ سَرَيانِه في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ عَبْرَ عُقَدٍ لِمْفيَّةٍ تُغْتَمَرُ فيها وتُحْتَبَسُ أنقاضُ الخلايا والمُمْرِضاتُ بواسطة كُريَّاتِ دَمٍ بَيضاءَ بَلْعميَّة (تُسَمَّى البَلْعميَّات). وتُنْتِجُ كُريَّاتُ دمٍ بيضاءُ أُخرى، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، أجسامًا مُضادَّةً – وهي كيماويَّاتٌ ترصُدُ المُمْرِضاتِ وتُبيدُها. كذلك تقومُ أعضاءٌ لِمْفيَّةٌ أُخرى بدَورٍ مُماثِل. فاللَّوزتان تَعْترضان المُمْرِضاتِ التي تدخُلُ الفَمَ وتَحْمي الحَلْقَ منها. اللِّمْفاويَّاتُ والبَلْعميَّاتُ تؤلِّفُ معًا جهازَ المَناعةِ – الذي هو جهازُ الجِسْمِ الدِّفاعيُّ الأقوى ضِدَّ الأَمْراض.



◄ تَمْتَدُّ الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ لِتَطالَ كُلَّ جُزءٍ من الجِسْم تقريبًا. فالأوعيةُ الصُّغرى منها، المُسَمَّاةُ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةً، تَنْتشِرُ في الأنسِجةِ وتتدامَجُ لِتكوِّنَ أوعيةً لِمْفيَّةً أكبرَ. وهذه بدَورِها تَنْضَمُّ إلى مَجارٍ جِذعيَّةٍ لِمْفيَّةٍ تحمِلُ اللِّمْفَ إلى إحدى القناتَيْنِ اللِّمْفيَّتَيْن – القَناةِ الصدريَّةِ والقَناةِ اللِّمْفيَّةِ اليُمْنى. هاتانِ القَناتانِ تُفْرِغانِ اللِّمْفَ في مَجْرى الدَّمِ عَبْرَ الوَريدَيْنِ تحتَ التَّرْقُوةِ الأَيْسَرِ والأيْمن. وتتواجدُ على امتدادِ الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ انْتِفاخاتٌ تُسَمَّى عُقَدًا لِمْفيَّةً. وجَديرٌ بالذِّكرِ أنَّ الطِّحالَ جُزءٌ مُهِمٌّ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة فهو مُرَشِّحٌ أساسيٌّ لِلدَّم، إضافةً إلى أنَّه يُوَلِّدُ أيضًا أجسامًا مُضادَّةً.

اُنْظُر أيضًا

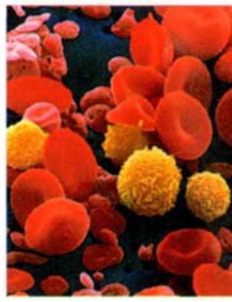
تركيبُ الجِسْمِ ومَنْظوماته ص 98 – 99
القَلْبُ والدَّورةُ الدمويَّة ص 120 – 121
جهازُ المَناعة ص 137

الدَّم

الدَّمُ يُوَفِّرُ لِتِرْلِيُونات خلايا الجِسْمِ مَنْظومةً لتَوصيلِ ٱحْتِياجاتِها وإزالةِ فَضَلاتِها. ويُساعِدُ أيضًا في الدِّفاعِ عن الجِسْمِ ضِدَّ الخَمَجِ والعَدْوى ويُرَمِّمُ كُرَيَّاتِ الدَّمِ المَعْطوبة.

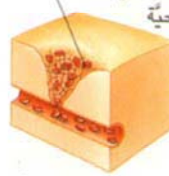


سَيْلٌ من الدَّم يَنْدفِقُ من وِعاءٍ دَمويٍّ صغير. وتُقَدَّرُ كمِّيَّةُ الدم الذي يَسْري حولَ جِسْمِ الإنسان البالغ بحوالى 6 لِتْرات في الذَّكر وَ 5 لِتْرات في الأُنْثى. وتَحْوي قطرةُ الدم الواحدة ما يَزيدُ على 250 مليون كُرَيَّةِ دَمٍ حَمْراء وَ 375 000 كُرَيَّةِ دَمٍ بَيْضاء وَ 16 مليون صُفَيْحةٍ. والباقي مائعٌ باهِتٌ، يُسَمَّى المَصْل (الپلازما) يتألَّفُ في مُعظمِه من الماء بالإضافةِ إلى مُغَذِّياتٍ وهُرْموناتٍ وبروتيناتٍ دَمويَّة وأملاحٍ وموادَّ فَضَلاتيَّةٍ وكيماويَّاتٍ كثيرةٍ أُخرى.



تُصَنَّعُ كُرَيَّاتُ الدَّمِ الحَمراء والبَيضاء (باللَّونِ الأَصْفر) والصُّفَيحاتُ (باللَّونِ الوَرْديّ) في نُخاعِ العَظْمِ (النِّقْي). ويتمُّ إنتاجُ قُرابةَ مِليونَي كُرَيَّةِ دَمٍ حمراء في الثانية.

كُرَيَّاتُ دَمٍ حَمْراء مُحْتَبسةٌ في شَبَكةٍ صُفَيْحيَّة



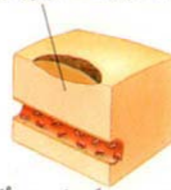
إذا جُرِحَ وِعاءٌ دَمويّ فإنَّ صُفَيْحاتِ الدَّمِ تُكَوِّنُ «شَبكةً» من الألياف تَحْتَبِسُ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحَمْراء.

جُلْبَة قِشْرِيَّة تتكوَّن



الأليافُ وكُرَيَّاتُ الدَّمِ الحَمْراء تُكَوِّنُ خُثْرةً (جُلطةً) تَسُدُّ الجُرْح. ثُمَّ يَتَقَسَّى سَطحُ الخُثْرةِ مُكوِّنًا جُلْبَةً قِشْرِيَّةً.

نَسيجٌ مُندمِلٌ تحت جُلْبَةِ جُرْحٍ قديم



يُرَمَّمُ الوِعاءُ الدَّمويُّ والجِلْدُ تحتَ جُلْبَةِ الجُرْح. وعندما يتمُّ ذلك تَسقُطُ الجُلْبةُ القِشْريَّةُ الجافَّةُ القديمة.

يَضُخُّ القَلْبُ الدَّمَ حولَ الجِسْمِ عَبْرَ الشَّرايين والأوردةِ والشُّعَيْرِيَّات. ويُزَوِّدُ الدَّمُ خلايا الجِسْمِ بالغذاءِ والأُكسجين ويُزيلُ منها الفَضَلات. ويُساعِدُ الدَّمُ أيضًا في الحِفاظ على ثباتِ درجةِ حرارةِ الجِسْمِ وفي مُكافحةِ المَرض ويقومُ بدَورٍ مُهمٍّ في تَرْميمِ الأوعيةِ الدمويَّةِ المَعْطوبة.

الدَّمُ كمَنْظومةِ نَقْل

يُنْقَلُ الأُكسجينُ إلى الخلايا بواسطةِ كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء القُرصيَّةِ المُقَعَّرةِ الوَجْهَيْن، المُحتَشِيَةِ باليَحْمور (الهيموغلوبين) – وهو مادَّةٌ تَتَّحِدُ بالأُكسجين أثناءَ مُرورِ الدَّمِ عَبْرَ الرِّئتين، وتُطْلِقُه في خلايا الجِسْم. مَصْلُ الدم (الپلازما أو المُصَوَّرة) سائلٌ مائيٌّ يؤلِّفُ حوالى 55 بالمئة من الدَّم. وهو يَنقُلُ الغذاءَ والهُرْموناتِ (المَراسيل الكيماويَّة) والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة وموادَّ عديدةً أُخرى حولَ الجِسْم. ويُساعِدُ الجِسْمَ أيضًا في الحِفاظِ على درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ تُقارِبُ 37°س.

الدِّفاعُ والوِقاية

الجِسْمُ البَشَريُّ مُعَرَّضٌ باستِمرار لخَمَجِ المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ المُمْرِضة؛ وكُرَيَّاتُ الدَّمِ البيضاء البلعميَّة والكُرَيَّاتُ اللِّمْفاويَّة مُوَلِّدةُ المُضادَّات تعمَلُ دَومًا على إبادةِ هذه الغازياتِ المُمْرِضة. الكُرَيَّاتُ البِيضُ تغتمِرُ وتَبْتَلِعُ (تَلْتَقِمُ) المُمرِضات. واللِّمْفاويَّاتُ تُطلِقُ كيماويَّاتٍ قتَّالةً، تُسَمَّى أجسامًا مُضادَّةً، تَشُلُّ المُمْرِضاتِ فيَتَسَنَّى للكُرَيَّاتِ البلعميَّةِ اغتِمارُها وبَلْعمتُها. ويَبْدو أنَّ اللِّمْفاويَّاتِ تَتذكَّرُ ما تُجابِه من مُمرِضات فتَسْتجيبُ لمكافحتها بسُرعةٍ أشدَّ إذا ما عاودت تلك المُمْرِضاتُ مُهاجمةَ الجِسْمِ ثانيةً.
الصُّفَيْحاتُ تَسُدُّ ثُقوبَ السَّرَب من الأوعيةِ الدمويَّة المَعْطوبة، فتَحولُ دونَ ولوجِ المُمْرِضاتِ إلى الجِسْم، كما تمنَعُ فَقْدَ الدَّمِ من المِنْطقةِ المَعْطوبة.

أُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويَّة ص 120 – 121
جِهازُ المَناعة ص 137

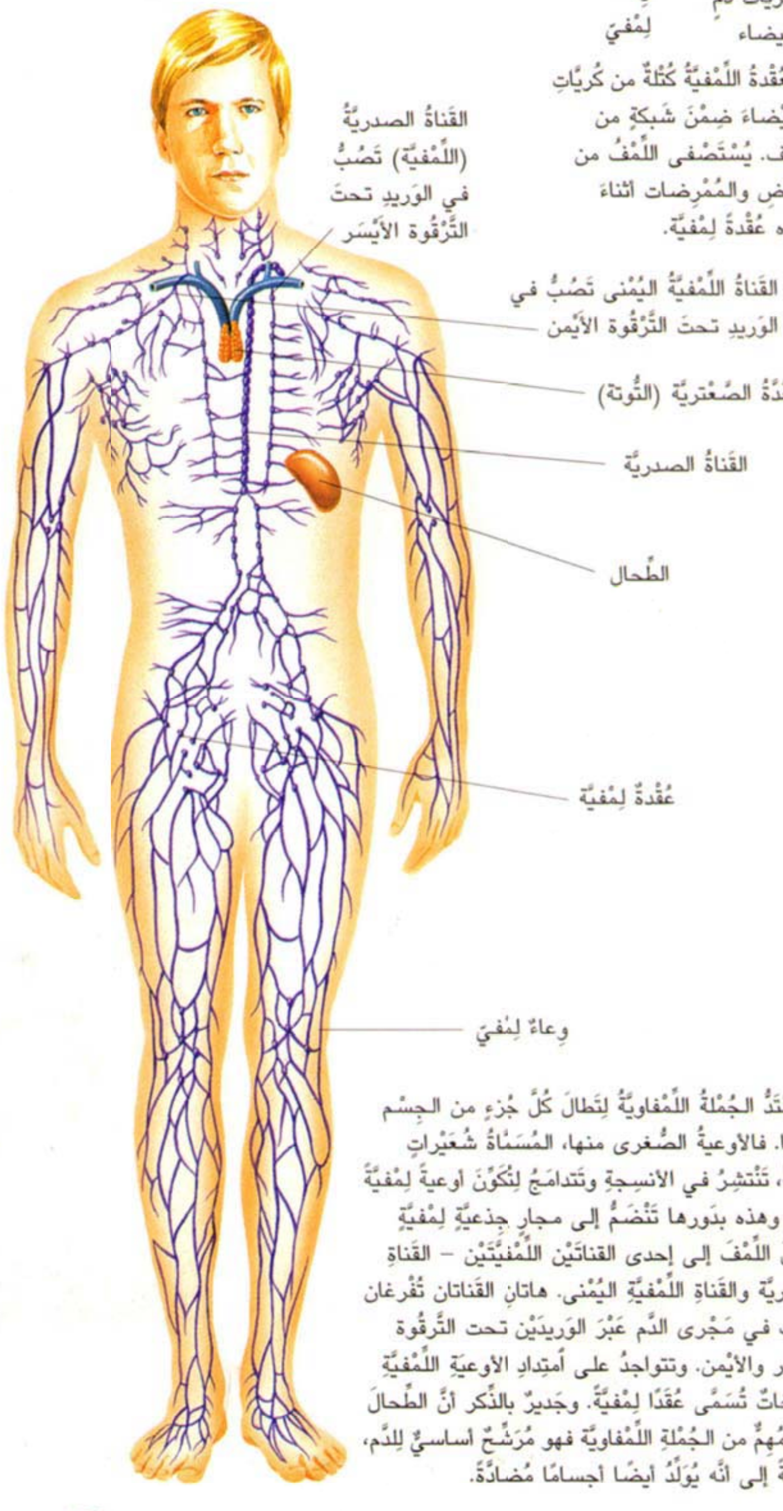
الجُمْلَةُ اللِّمْفاويَّة

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ مَنْظومةُ نَقْلٍ تَسْتَصْفي مائعًا، يُسَمَّى اللِّمْفَ، من الأنسجة وتَصُبُّه في الدَّم. وهي تَحْوي أيضًا خلايا تَحْمي الجِسْمَ من الأَمْراض.

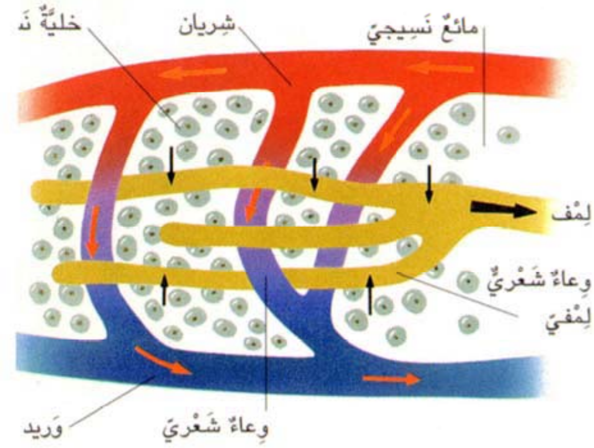
أثناءَ سَريانِ الدَّم عَبْرَ مَنْظومةِ الدَّوران، تَنْسَرِبُ مادَّةٌ تُسَمَّى المائعَ النَّسيجيَّ عَبْرَ جُدران الأوعية الشُّعَيْريَّة. هذا المائعُ يحمِلُ الأُكسجينَ والمُغَذِّياتِ الضروريَّةَ إلى خلايا الأنسجة، ويُزيلُ منها الفَضَلات، ثُمَّ يَعودُ ثانيةً إلى مَجْرى الدَّم عَبْرَ الجُدرانِ الشُّعَيْريَّة.



▲ العُقْدةُ اللِّمْفيَّةُ كُتْلةٌ من كُرَيَّاتِ دَمٍ بَيْضاءَ ضِمْنَ شَبَكةٍ من الأَلْياف. يُسْتَصْفى اللِّمْفُ من الأَنْقاضِ والمُمْرِضات أثناءَ عُبورِه عُقْدةً لِمْفيَّة.



◄ تَمْتَدُّ الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ لِتَطالَ كُلَّ جُزْءٍ من الجِسْم تقريبًا. فالأوعيةُ الصُّغرى منها، المُسَمَّاةُ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةً، تَنْتَشِرُ في الأنسجةِ وتَتدامَجُ لِتُكَوِّنَ أوعيةً لِمْفيَّةً أكبرَ. وهذه بدَورِها تَنْضَمُّ إلى مَجارٍ جِذعيَّةٍ لِمْفيَّةٍ تحمِلُ اللِّمْفَ إلى إحدى القناتَيْنِ اللِّمْفيَّتَيْن – القَناةِ الصدريَّةِ والقَناةِ اللِّمْفيَّةِ اليُمْنى. هاتانِ القَناتانِ تُفْرِغانِ اللِّمْفَ في مَجْرى الدَّم عَبْرَ الوَريدَيْنِ تحتَ التَّرْقُوة الأَيْسَر والأَيْمن. وتتواجدُ على امْتِدادِ الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ انْتِفاخاتٌ تُسَمَّى عُقَدًا لِمْفيَّةً. وجَديرٌ بالذِّكْر أنَّ الطِّحالَ جُزْءٌ مُهِمٌّ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة فهو مُرَشِّحٌ أساسيٌّ لِلدَّم، إضافةً إلى أنّه يُوَلِّدُ أيضًا أجسامًا مُضادَّة.



الخلايا في أنسِجَةِ الجِسْم تَسْبَحُ في مائعٍ مُسْتَمَدٍّ من الشُّعَيْراتِ الدمويَّةِ القريبة. والمائعُ النسيجيُّ الفائضُ يَنْسَرِبُ إلى داخِلِ شُعَيْراتٍ لِمْفيَّةٍ رَدْبيَّةٍ (غيرِ نافذةٍ) ويَصيرُ لِمْفًا.

نِظامُ التَّصْريف

يُغادِرُ الشُّعَيْريَّاتِ يوميًّا حوالى 24 لِتْرًا من المائعِ المارِّ الأنسجةِ؛ والذي يَعودُ مُعظمُه مُباشَرةً إلى الدَّم فلا يَبْقى فيها إلَّا حوالى 4 لِتْرات. الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ الم الفائضَ، الذي يُسَمَّى الآنَ اللِّمْفَ، وتُعيدُ إفراغَه في الأو الدمويَّةِ في أعلى الصَّدْر.

اللِّمْفُ مائعٌ عديمُ اللَّوْن يَحْوي موادَّ مُذابَةً وأنقاضًا ومُتَعَضِّياتٍ مُمْرِضةً، كالبَكتيريا والفَيْروسات. وهو يَسْري اتِّجاهٍ واحدٍ مُباعِدٍ لِلأنسِجَة. وبخلافِ الدَّمِ الذي يَضُخُّ القَلْبُ، فإنَّ اللِّمْفَ يَسْري عَبْرَ الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ بِمُساع العَضَلاتِ الهيكليَّةِ التي تدفَعُه قُدُمًا كُلَّما تَنْقَبِض. والصِّماماتُ في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ تَمْنَعُ سَريانَ اللِّمْفِ في الاتِّجاهِ المُعاكِس.

الدِّفاعُ والحِماية

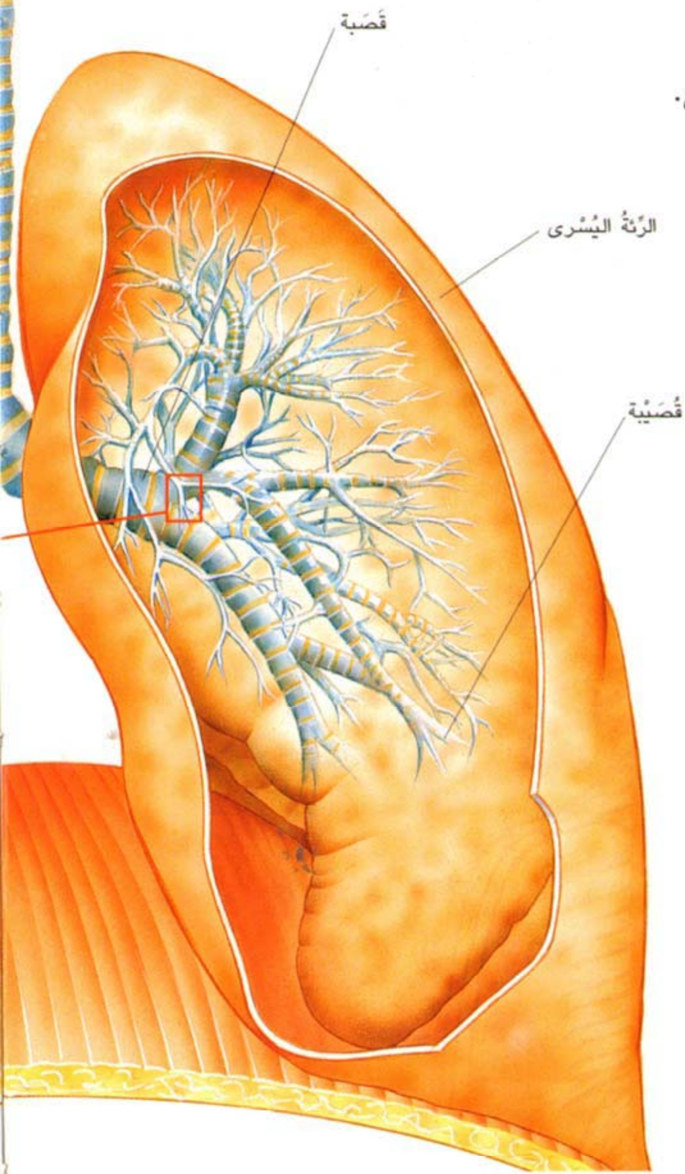
يَمُرُّ اللِّمْفُ أثناءَ سَرَيانِه في الأوعيةِ اللِّمْفيَّةِ عَبْرَ عُقَدٍ لِمْ تُعْتَمَرُ فيها وتُحْتَبَسُ أنقاضُ الخلايا والمُمْرِضاتُ بواس كُرَيَّاتِ دَمٍ بَيضاءَ بَلْعميَّة (تُسَمَّى البَلْعميَّات). وتُنْتِجُ كُرَيَّ دمٍ بيضاءَ أُخرى، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، أجسامًا مُضادَّةً - وهي كيماويَّاتٌ ترصُدُ المُمْرِضاتِ وتُبيدُها. كذلك تقو أعضاءٌ لِمْفيَّةٌ أخرى بدَورٍ مُماثِل. فاللَّوزتان تَعْترِضان المُمْرِضاتِ التي تدخُلُ الفَمَ وتَحْمي الحَلْقَ منها. اللِّمْفاويَّاتُ والبَلْعميَّاتُ تؤلِّفُ معًا جهازَ المَناعةِ – الذي هو جهازُ الجِسْمِ الدِّفاعيُّ الأَقوى ضِدَّ الأَمْراض.

أُنْظُر أيضًا

تركيبُ الجِسْمِ ومَنْظوماته ص 98 – 99
القَلْبُ والدَّورةُ الدمويَّة ص 120 – 121
جهازُ المَناعة ص 137

الرِّئتانِ والتنَفُّس

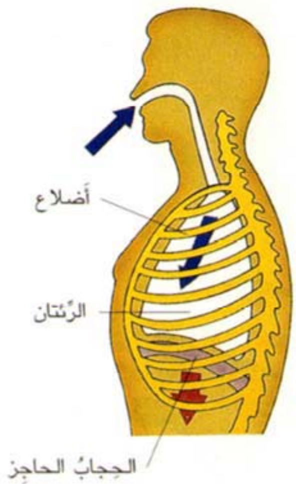
لا حياةَ للبَشَر بدونِ الأُكسجين، الذي يُستَحْصَلُ من الهواءِ المُسْتَنْشَقِ إلى الرِّئتين. في الرِّئتَيْن يَنْسَرِبُ الأُكسجينُ إلى مَجْرى الدَّم ثُمَّ يُنْقَلُ إلى خلايا الجِسْم.



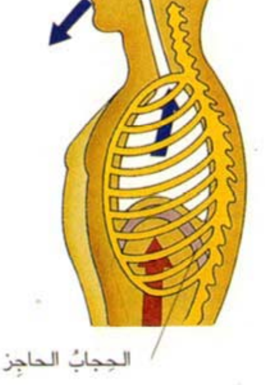
تحتاجُ الخلايا إلى مَدَدٍ ثابتٍ من الطاقة لِتَزويدِ أنشطتِها بالقُدرة اللَّازمة. وتَسْتَخْدِمُ الخلايا الأُكسجينَ لِتَحريرِ الطاقةِ من الأطعمة في عمليَّةِ التنَفُّس التي يَنْطَلِقُ منها غازُ ثاني أُكسيد الكربون كمُنْتَجٍ فَضَلاتيٍّ سامٍّ يجبُ إزالتُه من الجِسْم. جهازُ التنَفُّس وَظيفتُه إيصالُ الأُكسجين وإزالةُ ثاني أُكسيد الكربون. وهذا الجِهازُ يتألَّفُ من مَنْظومةِ أنابيبَ، تَنْقُلُ الهواءَ إلى الجِسْم ومنه شهيقًا وزَفيرًا، ومن الرِّئتَيْن اللَّتَين عَبْرَهُما يجري دخولُ الأُكسجينِ إلى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. ويَقومُ الدَّمُ بنَقْل الأكسجين من الرِّئتين إلى خلايا الجِسْم، ويَعودُ إليهما حاملًا ثاني أكسيد الكربون الفَضَلاتيّ من الخلايا.

مَنْظومةُ أَنابيب

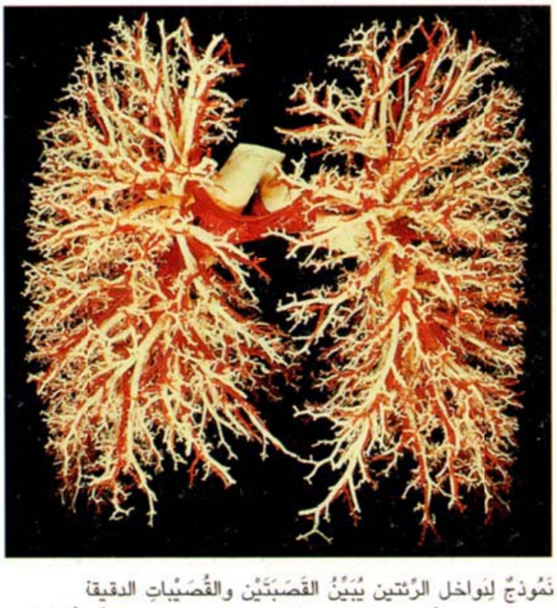
يَمُرُّ الهواءُ أوَّلًا عَبْرَ الأَنْف حيثُ تُحْتَبَسُ الجُسَيْماتُ، التي قد تُلْحِقُ ضررًا بالرِّئتين، في شُعَيْراتِ المِنْخرَيْن والمُخاطِ الدَّبِقِ الذي يُبَطِّنُ التجويفَ الأَنْفيّ. ثُمَّ يَمُرُّ الهواءُ في البُلْعوم عَبْرَ الحَنْجرة (صُندوقِ الصوت) إلى الرُّغامَى المُعَزَّزةِ بِقِطَعٍ غُضروفيَّةٍ هِلاليَّةِ الشَّكْل. وهنا أيضًا يَحْتَبِسُ المُخاطُ، في الرُّغامَى، الغُبارَ فتحمِلُه الأهدابُ الشَّعْرِيَّةُ في حركاتِها المُستَدامةِ صُعُدًا إلى الحَلْق. وتتفرَّعُ الرُّغامَى إلى قَصَبَتَيْن تتفرَّعانِ بدورهما إلى قُصَيْباتٍ ومَسالكَ هوائيَّةٍ دقيقة داخلَ الرِّئتَيْن.



أثناءَ الشَّهيق، في عمليَّةِ التنَفُّس، يَنْقَبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ ويَتفَلْطح. وتَنْقَبِضُ أيضًا العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) شادَّةً الأَضلاعَ صُعُدًا وإلى الخارج. وهذا يُوَسِّعُ الرِّئتَين ويُقَلِّلُ الضغطَ داخِلَهُما فَيُسْفَطُ الهواءُ إليهما من الخارج عَبْرَ الأَنْفِ (أو الفَم) والرُّغامَى.



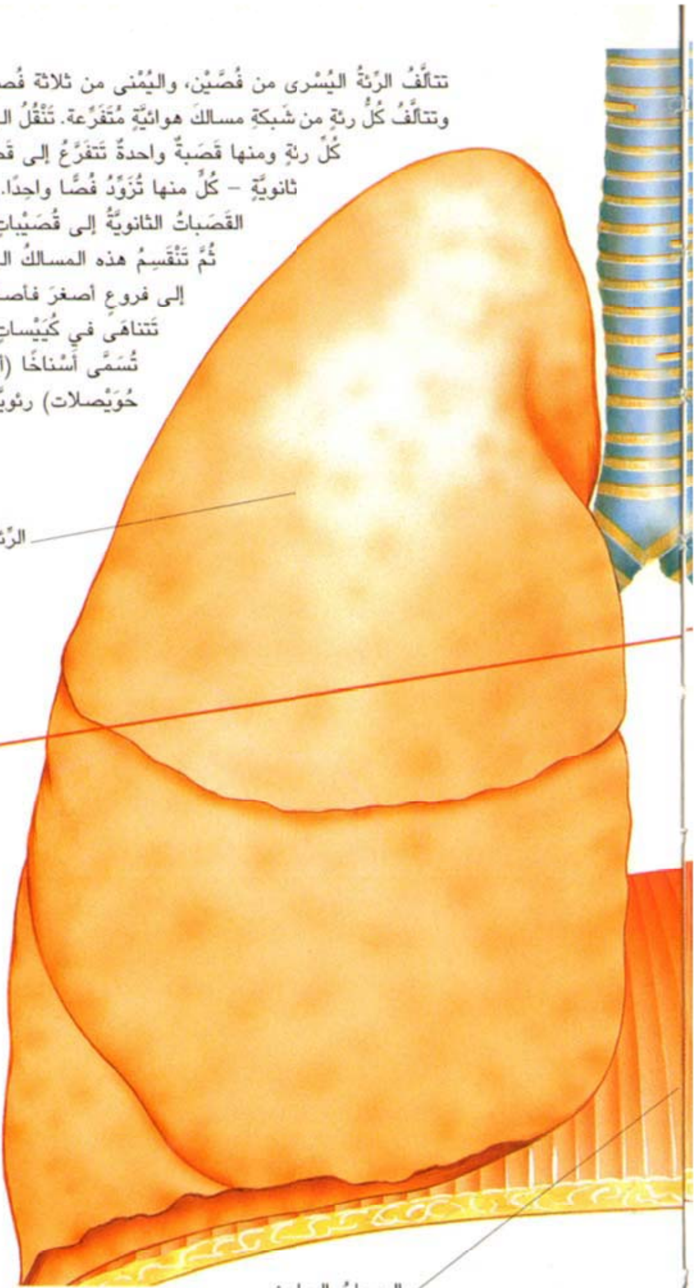
أثناءَ الزَّفير، في عمليَّةِ التنَفُّس، يَرْتَخي الحِجابُ الحاجِزُ ويُدْفَعُ صُعُدًا بواسطةِ الأعضاءِ البَطْنيَّةِ تحته؛ وتَرْتَخي العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) فتهبطُ الأَضلاعُ سَفْلًا وإلى الدَّاخل. وهذا يُقَلِّلُ الحَجْمَ داخلَ الصَّدْر فتَضيقُ الرِّئتان ويَزْدادُ الضغطُ داخِلَهُما فيُدفَعُ الهواءُ إلى الخارج.



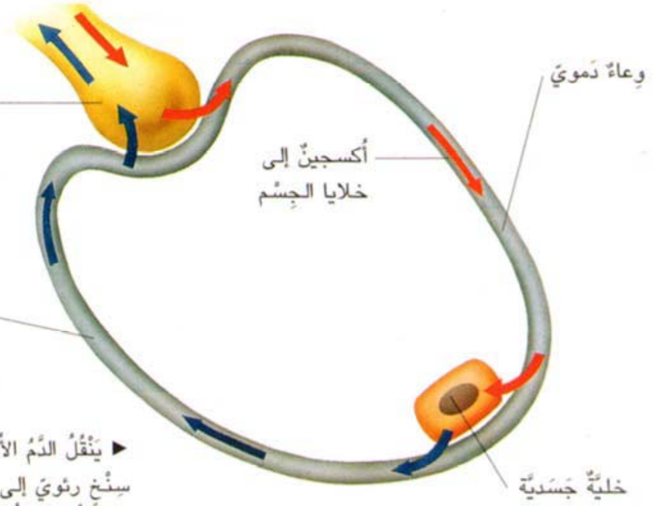
نَموذجٌ لِدَواخل الرِّئتين يُبَيِّنُ القَصَبَتَيْن والقُصَيْباتِ الدقيقة (بالأبيض) والشِّريانَ الرئويَّ وتفرُّعاتِه (بالأحمر). هذه الشَّبكةُ تُسَمَّى الشَّجرةَ القَصَبيَّةَ – وهي أشبهُ بشَجَرةٍ مَقْلوبةٍ رأسًا على عَقِبٍ، حيثُ الرُّغامَى جِذْعُها والقَصَبَتان وتفرُّعاتُهما أَغْصانُها.

الرِّئتان

الرِّئتانِ تتَموضعان في الصَّدْر على جانبَي القَلْب بحِماية العَمودِ الفقَريّ وقَفَصِ الأَضلاع. وهما تَرْتكزانِ على الحِجابِ الحاجِز – الصَّفيحةِ العَضليَّةِ التي تَفْصِلُ الصَّدْرَ عن البَطْن. الرِّئتانِ السَّليمتان وَرْديَّتا اللَّون لاحتِشائهما بالدَّم؛ وإسفَنْجيَّتا القَوام لِتألُّفِهما من شبكةٍ مُتفَرِّعةٍ من المَسالكِ الهوائيَّةِ تَنْتهي بملايينِ الكُيَيْساتِ الهوائيَّةِ المِجْهريَّةِ المُسَمَّاة أَسْناخًا، والتي يَتِمُّ عَبْرَها دخولُ الأُكسجينِ إلى مَجْرى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. وتُوَفِّر هذه الأسناخُ المُحْتَشِدةُ داخلَ الصَّدْرِ مِساحةً سَطْحيَّةً لامْتِصاصِ الأُكسجين تُعادِلُ ثُلُثَي مِساحةِ مَلْعبٍ لِكُرَةِ المَضْرِب. ويُجَلِّلُ الرِّئتَيْن من الخارج غِشاءٌ جَنْبيٌّ رَقيقٌ وآخَرُ من الدَّاخل يُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريّ، يَفْصِلُ بينهما سائلٌ مُزَلِّقٌ يُخَفِّضُ الاحْتِكاكَ فيمنَعُ الأَلَمَ أثناءَ التنَفُّس.



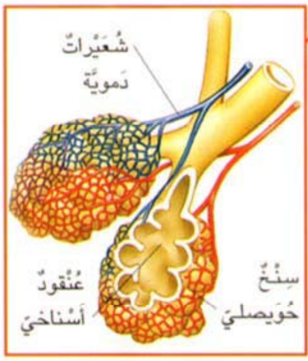
تتألَّفُ الرِّئةُ اليُسْرى من فُصَّيْن، واليُمْنى من ثلاثة فُصوص. وتتألَّفُ كُلُّ رئةٍ من شَبكةٍ مسالكَ هوائيَّةٍ مُتفرِّعة. تَنْقُلُ الهواءَ إلى كُلِّ رئةٍ ومنها قَصَبةٌ واحدةٌ تتفرَّعُ إلى قَصَباتٍ ثانويَّةٍ – كُلٌّ منها تُزَوِّدُ فُصًّا واحِدًا. وتتفرَّعُ القَصَباتُ الثانويَّةُ إلى قُصَيْباتٍ ثالثيَّة؛ ثُمَّ تَنْقَسِمُ هذه المسالكُ الهوائيَّةُ إلى فروعٍ أصغرَ فأصغرَ حتَّى تتناهَى في كُيَيْساتٍ هوائيَّةٍ تُسَمَّى أَسْناخًا (أو حُوَيْصلات) رئويَّة.



► يَنْقُلُ الدَّمُ الأُكسِجينَ من سِنْخٍ رئويّ إلى خليَّةٍ جَسَديَّة؛ ويَحمِلُ ثاني أُكسيد الكربون الفَضَلاتيَّ من الخليَّةِ إلى السِّنْخِ الرِّئويِّ الحُوَيْصليّ.



▲ تَنْقَسِمُ القَصَباتُ الأصغرُ إلى فُروعٍ أصْغَرَ فأصغرَ – تُسَمَّى قُصَيْبات – لا يَتجاوزُ قُطْرُ أصغرِها المليمتْرَ الواحِد.



▼ تَنْقَسِمُ القُصَيْباتُ الانتهائيَّةُ إلى قُصَيْباتٍ تَنَفُّسيَّةٍ أَضْيَق؛ وتَنْتهي هذه المَسالكُ الهوائيَّةُ الدقيقةُ بتَجَمُّعاتٍ عُنْقوديَّةٍ من الأَسْناخ يزيدُ عددُها في كِلا الرِّئتَيْن على 300 مِليون سِنْخ.

التبادُلُ الغازيّ

يَجْري التبادُلُ الغازيُّ في الأَسْناخ باستِمْرار، ويُؤَمِّنُ ذلك لِخلايا الجِسْم مَددًا ثابتًا من الأُكسجين وعَدمَ تَسَمُّمٍ بتراكُمِ ثاني أُكسيد الكربون فيها. يَذوبُ الأُكسجينُ في الطَّبَقةِ السائليَّةِ الرقيقةِ التي تُبَطِّنُ كُلَّ سِنْخ، ثُمَّ يَنْتَقِلُ بالانتِضاح الغِشائيّ – انتقال الجُزَيئاتِ من التَّرْكيزِ الأعلى إلى التَّرْكيز الأخفض – عَبْرَ جدارِ السِّنْخِ الرَّقيقِ إلى وِعاءٍ دَمويٍّ شَعْريٍّ وإلى داخلِ كُريَّاتِ الدَّمِ الحَمْراء. ويَنْتَضِحُ ثاني أُكسيد الكربون بالاتِّجاه المُعاكِس، من الدَّمِ إلى الهواءِ داخِلَ السِّنْخ ثُمَّ يُزْفَرُ خارجًا. في المُعدَّل يَحْوي هواءُ الشَّهيق 21 بالمئة أُكسجينًا وَ 0,04 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون. ويَحْوي هواءُ الزَّفير 16 بالمئة أُكسجينًا وحوالى 4 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون.

التنَفُّس

عَمليَّةُ التنَفُّس تَنْقُلُ الهواءَ النَّقيَّ إلى داخلِ الرِّئتَين لِتوفيرِ مَدَدٍ مُتَجدِّدٍ مُستمِرٍّ من الأُكسجين. وهي تدفَعُ أيضًا الهواءَ المُستَنْفَدَ خارجَ الرِّئتَيْن لإزالةِ ثاني أكسيد الكربون. تَعْتَمِدُ الرِّئتانِ المَرِنتانِ على الحِجابِ الحاجِز وعلى العَضَلاتِ الضِّلْعيَّة لِتَغْييرِ شَكْلِ الصَّدرِ. وتعمَلُ أغشِيَةُ الجَنَبةِ التي تُغَطِّي سُطوحَ الرئتَيْن وتُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريَّ «كَلَيْنةٍ لاصِقَةٍ» تجعَلُ الرئتَيْن تَتْبَعانِ حركاتِ الصَّدْر. أثناءَ الشهيق، يَنْقبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ والعَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ بين الضِّلْعيَّة فيتوَسَّعُ الصَّدْرُ ويكْبُر حَجْمُ الرئتَيْن فيَنْخَفِضُ الضغطُ بداخِلِهما – ويُسْفَطُ إليهما الهواء. ويَحْدُثُ العَكْسُ أثناءَ الزَّفير. والمَعروفُ أنَّ الرئتَيْن لا تَمْتلئانِ تَمامًا بالهواء ولا تُفْرَغانِ تمامًا منه – فهنالك مَددٌ احتياطِيٌّ من الهواءِ يَبْقَى بداخِلِهما يُعَزِّزُ ويُجَدَّدُ مع كُلِّ شَهيق.



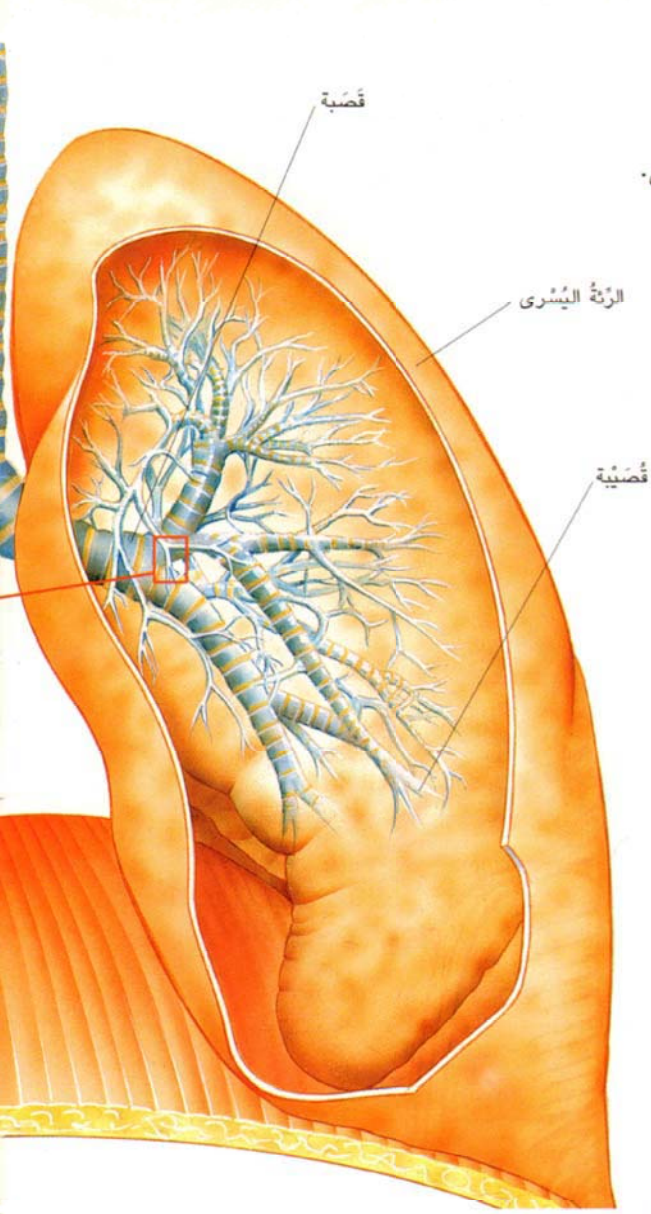
مَنْظرٌ لدواخلِ الرئتَين مُكبَّرٌ 410 مرَّات يُبَيِّنُ وِعاءً دمويًّا شَعْريًّا مَليئًا بكُريَّاتِ دَمٍ حَمْراء. هذه الكُريَّاتُ تَلتقِطُ الأُكسجينَ من شَبَكةِ الأَسْناخِ المُحيطة.

اُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدمويّة ص 120 – 121
الدَّم ص 122
إبرازُ الفَضَلات ص 131

الرِّئتانِ والتنفُّس

لا حياةَ للبَشَر بدونِ الأُكسجين، الذي يُستَحْصَلُ من الهواءِ المُستَنْشَقِ إلى الرِّئتين. في الرِّئتَيْن يَنْسَرِبُ الأُكسجينُ إلى مَجْرى الدَّم ثُمَّ يُنْقَلُ إلى خلايا الجِسْم.



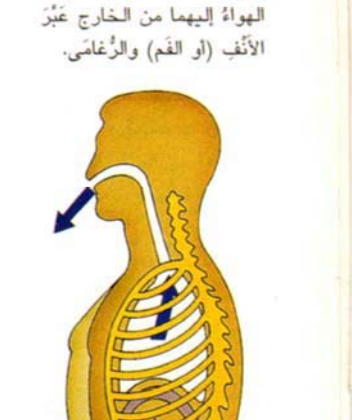
تحتاجُ الخلايا إلى مَدَدٍ ثابتٍ من الطاقة لِتَزويدِ أنشطتِها بالقُدرة اللّازمة. وتَسْتَخْدِمُ الخلايا الأُكسجينَ لِتَحرير الطاقةِ من الأَطعمة في عمليّةِ التنفُّس التي يَنْطلِقُ منها غازُ ثاني أُكسيد الكربون كمُنْتَجٍ فَضَلاتيٍّ سامٍّ يجبُ إزالتُه من الجِسْم. جهازُ التنفُّس وَظيفتُه إيصالُ الأُكسجين وإزالةُ ثاني أُكسيد الكربون. وهذا الجِهازُ يتألَّفُ من مَنْظومةِ أنابيبَ، تَنْقُلُ الهواءَ إلى الجِسْم ومنه شهيقًا وزَفيرًا، ومن الرِّئتَين اللَّتين عَبْرَهُما يجري دخولُ الأُكسجينِ إلى الدَّم وخروجُ ثاني أُكسيد الكربون منه. ويَقومُ الدَّمُ بنَقْلِ الأكسجين من الرِّئتين إلى خلايا الجِسْم، ويَعودُ إليهما حاملًا ثاني أكسيد الكربون الفَضَلاتيّ من الخلايا.

مَنْظومةُ أنابيب

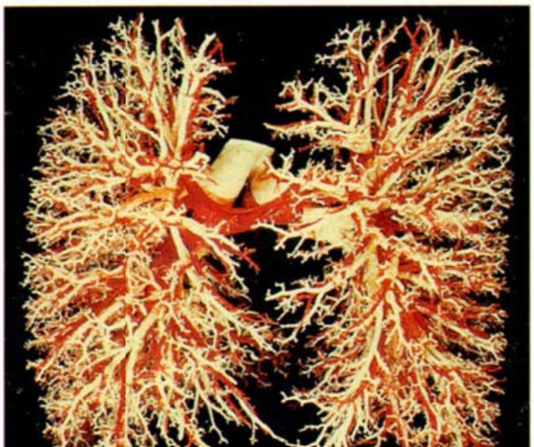
يَمُرُّ الهواءُ أوَّلًا عَبْرَ الأَنْف حيثُ تُحْتَبَسُ الجُسَيْماتُ، التي قد تُلْحِقُ ضررًا بالرِّئتين، في شُعَيْراتِ المِنْخَرَيْن والمُخاطِ الدَّبِق الذي يُبَطِّنُ التجويفَ الأَنْفيّ. ثُمَّ يَمُرُّ الهواءُ في البُلْعوم عَبْرَ الحَنْجرةِ (صُندوقِ الصوت) إلى الرُّغامَى المُعَزَّزةِ بقِطَعٍ غُضروفيَّةٍ هِلاليَّةِ الشَّكْل. وهنا أيضًا يَحْتَبِسُ المُخاطُ، في الرُّغامَى، الغُبارَ فتحمِلُه الأهدابُ الشَّعْريَّةُ في حركاتِها المُستَدامةِ صُعُدًا إلى الحَلْق. وتتفرَّعُ الرُّغامَى إلى قَصَبتَيْن تَتفرَّعانِ بدَورهما إلى قُصَيْباتٍ ومَسالكَ هوائيَّةٍ دقيقة داخلَ الرِّئتَيْن.



أثناءَ الشَّهيق، في عمليَّةِ التنفُّس، يَنْقَبِضُ الحِجابُ الحاجِزُ ويَتفلْطح. وتَنْقَبِضُ أيضًا العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) شادَّةً الأَضلاعَ صُعُدًا وإلى الخارج. وهذا يُوَسِّعُ الرِّئتَين ويُقلِّلُ الضغطَ داخِلَهُما فيُسْفَطُ الهواءُ إليهما من الخارج عَبْرَ الأَنْف (أو الفَم) والرُّغامَى.



أثناءَ الزَّفير، في عمليَّةِ التنفُّس، يَرْتخي الحِجابُ الحاجِزُ ويُدْفَعُ صُعُدًا بواسطةِ الأعضاءِ البَطْنيَّةِ تحته؛ وتَرْتخي العَضَلاتُ الوَرْبيَّةُ (بين الضِّلعيَّة) فتهبِطُ الأَضلاعُ سَفْلًا وإلى الدّاخل. وهذا يُقلِّلُ الحَجْمَ داخلَ الصَّدْر فتَتَضيَّقُ الرِّئتان ويَزْدادُ الضغطُ داخِلَهُما فيُدفَعُ الهواءُ إلى الخارج.

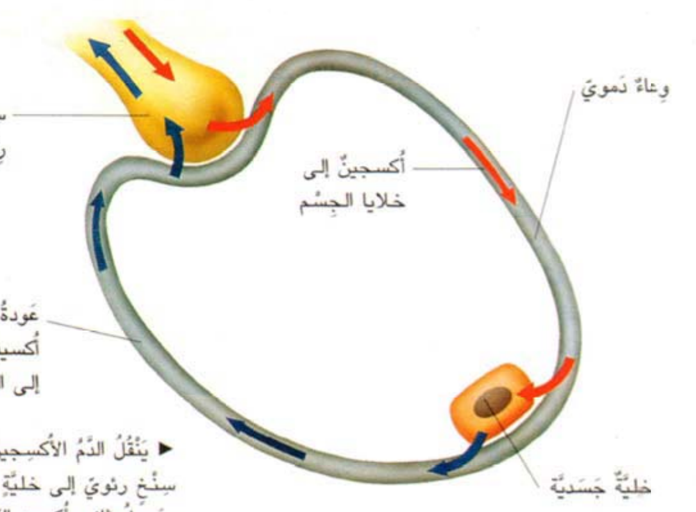


نُموذجٌ لِدَواخل الرِّئتين يُبَيِّنُ القَصَبتَيْن والقُصَيْباتِ الدقيقة (بالأبيض) والشِّريانَ الرئويَّ وتفرُّعاتِه (بالأحمر). هذه الشَّبكةُ تُسمَّى الشَّجرةَ القَصَبيَّةَ – وهي أشبَهُ بشَجرةٍ مَقْلوبةٍ رأسًا على عَقِب، حيثُ الرُّغامَى جِذْعُها والقَصَبتان وتفرُّعاتُهما أَغْصانُها.

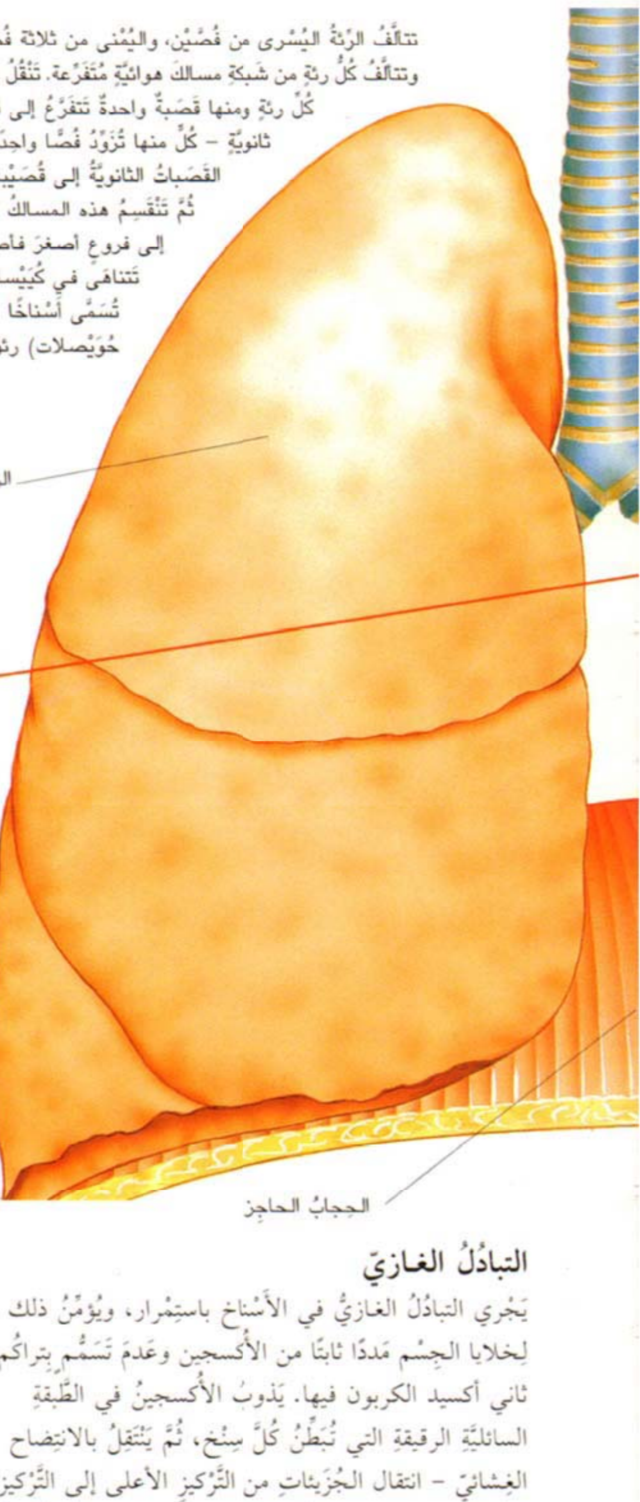
الرِّئتان

الرِّئتانِ تتَموضعان في الصَّدْر على جانبَي القَلْب بحِماية العَمودِ الفقَريِّ وقَفَصِ الأَضلاع. وهما تَرْتكزانِ على الحِجابِ الحاجِز – الصَّفيحةِ العَضليَّةِ التي تَفْصِلُ الصَّدْرَ عن البَطْن. الرِّئتانِ السَّليمَتان وَرديَّتا اللَّون لاحتِشائهما بالدَّم؛ وإسفَنْجيَّتا القَوام لِتألُّفِهما من شبكةٍ مُتفرِّعةٍ من المَسالكِ الهوائيَّةِ تَنْتهي بملايينِ الكُيَيْساتِ الهوائيَّةِ المِجْهريَّةِ المُسمّاة أَسْناخًا، والتي يَتِمُّ عَبْرَها دخولُ الأُكسجينِ إلى مَجْرى الدَّم وخروجُ ثاني أكسيد الكربون منه. وتُوَفِّرُ هذه الأَسناخُ المُحْتَشِدةُ داخلَ الصَّدْرِ مِساحةً سَطْحيَّةً لِامْتِصاصِ الأُكسجين تُعادِلُ ثُلُثَي مِساحةِ مَلْعبٍ لِكُرَةِ المَضْرِب. ويُجَلِّلُ الرِّئتَيْن من الخارج غِشاءٌ جَنْبيٌّ رَقيقٌ وآخَرُ من الدّاخل يُبَطِّنُ الجِدارَ الصَّدْريَّ، يَفْصِلُ بينهما سائلٌ مُزَلِّقٌ يُخَفِّضُ الاِحْتِكاكَ فيمنَعُ الأَلَمَ أثناءَ التنفُّس.

تتألَّفُ الرِّئةُ اليُسْرى من فُصَّيْن، واليُمْنى من ثلاثة فُصوص. وتتألَّفُ كُلُّ رئةٍ من شَبكةِ مسالكَ هوائيّةٍ مُتفرِّعة. تَنْقُلُ الهواءَ إلى كُلِّ رئةٍ ومنها قَصَبةٌ واحدةٌ تتفرَّعُ إلى قَصَباتٍ ثانويّةٍ – كُلٌّ منها تُزَوِّدُ فَصًّا واحدًا. وتتفرَّعُ القَصَباتُ الثانويّةُ إلى قُصَيْباتٍ ثالثيّة؛ ثُمَّ تَنْقَسِمُ هذه المسالكُ الهوائيّةُ إلى فروعٍ أصغرَ فأصغرَ حتّى تتناهى في كُيَيْساتٍ هوائيّةٍ تُسَمّى أَسْناخًا (أو حُوَيْصلات) رئويّة.



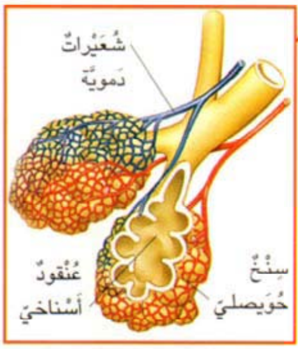
◄ يَنْقُلُ الدَّمُ الأُكسجينَ من سِنْخٍ رئويّ إلى خليّةٍ جَسَديّة؛ ويَحمِلُ ثاني أُكسيد الكربون الفَضَلاتيّ من الخليّةِ إلى السِّنْخ الرِّئويِّ الحُوَيْصليّ.





▲ تَنْقَسِمُ القَصَباتُ الأصغَرُ إلى فُروعٍ أصْغَرَ فأصغَرَ – تُسَمّى قُصَيْبات – لا يَتجاوزُ قُطْرُ أصغَرِها المليمترَ الواحد.

▼ تَنْقَسِمُ القُصَيْباتُ الانتِهائيّةُ إلى قُصَيْباتٍ تَنَفُّسيّةٍ أضْيقَ؛ وتَنْتَهي هذه المَسالِكُ الهوائيّةُ الدقيقةُ بتَجَمُّعاتٍ عُنْقوديّةٍ من الأَسْناخ يزيدُ عددُها في كِلا الرِّئتَيْن على 300 مِليون سِنْخ.



التبادُلُ الغازيّ

يَجْري التبادُلُ الغازيُّ في الأَسْناخ باستِمْرار، ويُؤَمِّنُ ذلك لِخلايا الجِسْم مَددًا ثابتًا من الأُكسجين وعَدمَ تَسَمُّمٍ بتراكُمِ ثاني أكسيد الكربون فيها. يَذوبُ الأُكسجينُ في الطَّبقةِ السائليّةِ الرقيقةِ التي تُبَطِّنُ كُلَّ سِنْخ، ثُمَّ يَنْتَقِلُ بالانتِضاح الغِشائيّ – انتقال الجُزَيْئاتِ من التَّرْكيزِ الأعلى إلى التَّرْكيز الأخفض – عَبْرَ جدارِ السِّنْخِ الرَّقيقِ إلى وِعاءٍ دمويٍّ شَعْريٍّ وإلى داخلِ كُرَيّاتِ الدَّمِ الحَمْراء. ويَنْتَضِحُ ثاني أكسيد الكربون بالإتِّجاه المُعاكِس، من الدَّمِ إلى الهواءِ داخِلَ السِّنْخ ثُمَّ يُزْفَرُ خارجًا. في المُعدَّل يَحْوي هواءُ الشَّهيق 21 بالمئة أُكسجينًا وَ 0,04 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون. ويَحْوي هواءُ الزَّفير 16 بالمئة أُكسجينًا وحوالى 4 بالمئة ثاني أُكسيد الكربون.

التنفُّس

عَمليّةُ التنفُّس تَنْقُلُ الهواءَ النَّقيَّ إلى داخلِ الرِّئتَين لِتوفير مَدَدٍ مُتَجدِّدٍ مُستمِرٍّ من الأُكسجين. وهي تدفَعُ أيضًا الهواءَ المُستَنْفَدَ خارجَ الرِّئتَيْن لإزالةِ ثاني أكسيد الكربون. تَعْتَمِدُ الرِّئتانِ المَرِنتانِ على الحِجابِ الحاجِز وعلى العَضَلاتِ الضِّلْعيّةِ لِتَغْييرِ شَكْلِ الصَّدر. وتعمَلُ أغشِيَةُ الجَنَبةِ التي تُغَطّي سُطوحَ الرئتَيْن وتُبَطِّنُ الجدارَ الصَّدْريّ «كَلَيْنةٍ لاصِقَةٍ» تجعَلُ الرئتَيْن تَتْبَعانِ حركاتِ الصَّدْر. أثناءَ الشهيق، يَنْقبِضُ الحِجابُ الحاجزُ والعَضَلاتُ الوَرْبيّةُ بين الضِّلْعيّة فيتوسَّعُ الصَّدْرُ ويكْبُر حَجْمُ الرئتَيْن فيَنْخَفِضُ الضغطُ بداخِلهما – ويُسْفَطُ إليهما الهواء. ويَحْدُثُ العَكْسُ أثناء الزَّفير. والمَعروفُ أنَّ الرئتَيْن لا تَمْتلئانِ تَمامًا بالهواء ولا تُفْرَغان تمامًا منه – فهنالك مَددٌ احتياطِيٌّ من الهواءِ يَبْقى بداخِلهما يُعَزَّزُ ويُجَدَّدُ مع كُلِّ شَهيق.



مَنْظَرٌ لدواخلِ الرئتَين مُكَبَّرٌ 410 مرّات يُبَيِّنُ وعاءً دمويًّا شَعْريًّا مَليئًا بِكُرَيّاتِ دَمٍ حَمْراء. هذه الكُرَيّاتُ تَتلَقَّطُ الأُكسجينَ من شَبَكةِ الأَسْناخِ المُحيطة.

اُنْظُر أيضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدمويّة ص 120 – 121
الدَّم ص 122
إبرازُ الفَضَلات ص 131

الغِذاءُ والتَّغْذِيَة

يُزَوِّدُ الطعامُ الجِسْمَ بموادَّ حيويَّةٍ نُسَمِّيها مُغَذِّيات. والتَّغْذِيةُ الجيِّدةُ تَعْني أنَّ الجِسْمَ يَتوفَّرُ له مَدَدٌ كافٍ ومُتوازِنٌ من هذه المُغَذِّيات.

بالتَّغْذِيةِ يَحْصُلُ البَشَرُ على مَدَدٍ مُنْتَظِمٍ من الغِذاءِ لِلبَقاءِ على قَيدِ الحياة. مُعْظَمُ الأَطْعمةِ تحوي أصنافًا مُتنوِّعةً من المُغَذِّيات يتَمَثَّلُها ويَمْتَصُّها الجسمُ أثناءَ عمليَّةِ الهَضْم. المُغَذِّياتُ الكُبْرَيَّةُ - كالكربوهِدْراتاتِ والپروتينات والدُّهون - يَحْتاجُها الجِسْمُ يوميًّا بكمِّيَّاتٍ كبيرةٍ. فالكربوهِدْراتاتُ تُوَفِّرُ الطاقةَ - وهي تشْمَلُ النشويَّاتِ المُعَقَّدةَ، كما في البَطاطا والمَعْكرونةِ، والسُّكَّريَّاتِ البَسيطةِ في الثِّمارِ والحَلْويَّات. والپروتيناتُ تُوَفِّرُ وَحَداتٍ بنائيَّةً بَسيطةً، تُسَمَّى الأحماضَ الأمينيَّةَ، لِلنموِّ ورَأبِ الأنسِجَةِ التالِفَة. والدُّهونُ تُوَفِّرُ الطاقةَ وتُسْهِمُ في عَزْلِ الجِسْم ضِدَّ الحَرِّ والقَرّ. أمّا المُغَذِّياتُ الصُّغْرَيَّةُ - كالڤيتامينات والمَعادِن - فيَحْتاجُ إليها الجِسْمُ يوميًّا بكمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ، لكِنَّها ضروريَّةٌ لكي تَقومَ الخلايا بوَظائفِها. وهي تَشْمَلُ ڤيتاميناتٍ، كڤيتامينات أ وَ ج ومعادِنَ كالكالسيُوم. ومن الضرورات التغذويَّةِ الأُخرى الماءُ وهو ضروريٌّ للحِفاظِ على توازُنِ السوائلِ في الجِسْم، والأليافُ - الخَشائنُ النَّباتيَّةُ اللّامُنْهَضِمَة - الضروريَّةُ لِعَملِ العَضلاتِ المِعَويَّةِ على الوجهِ الصَّحيح.



الشَّخْصُ الذي يتعَوَّدُ تناوُلَ طعامِهِ من الوَجَباتِ السَّريعةِ من غيرِ المُحْتَمل أنَّه يتلقَّى غِذاءً مُتوازنًا. فرُغْمَ أنَّ الوَجْبةَ المُبَيَّنةَ أعلاه تحوي بعضَ الكربوهِدْراتاتِ في الخُبْزِ والبطاطا المَقْليَّة، ولعلَّها أيضًا غنيَّةٌ جدًّا بالپروتيناتِ والدُّهون الحيوانيَّة، فهي تفتقِرُ إلى الثِّمارِ أو الخضراواتِ الطازَجة لِتَوفيرِ الڤيتاميناتِ والمَعادن.



يَنْبغي أنْ تكونَ وَجَباتُ الطعام جيِّدةَ التوازُن كما في الوَجبة أعلاه. فالمَعْكرونةُ والخُبْزُ يُوَفِّران الكربوهِدْراتات؛ والفاصولياء والسَّمكُ تُؤَمِّنُ البروتيناتِ والڤيتاميناتِ وبعضَ الدُّهون؛ والسَّلَطاتُ تحوي الڤيتاميناتِ والمَعادِنَ والألياف.

الوَجَباتُ اليوميَّةُ المُتوازِنة

الوَجَباتُ اليوميَّةُ تُشيرُ إلى نوعِ وكمِّيَّةِ الطعامِ الذي يتناوَلُه الشخصُ يوميًّا. فلِلْحِفاظِ على صِحَّةٍ جيِّدةٍ وتَجَنُّبِ الزِّيادةِ في الوَزْن، يَنْبغي أنْ تكونَ وَجَباتُ الشَّخصِ مُتوازِنةً تَشْمَلُ مدًى من المُغَذِّياتِ بالكمِّيَّاتِ الصحيحة. فالوَجَباتُ اليَوميَّةُ المُتوازِنة يَنْبغي أنْ تشمَلَ حوالى 55 بالمئة كربوهِدْراتاتٍ (غالبًا نَشَويَّاتٍ مُعَقَّدة)، وحوالى 15 بالمئة پروتينات وَ 30 بالمئة أو أقلَّ دُهونًا (الدهونُ اللّامُشْبَعةُ، من زُيوتٍ نباتيَّةٍ وأسماكٍ دهنيَّة، أفضلُ صِحّيًّا من الدهونِ المُشْبَعةِ في اللُّحوم أو مُنْتَجاتِ الأَلْبان). ويَجِبُ أنْ تتضَمَّنَ أيضًا وَفْرةً من الثِّمارِ والخضراواتِ الطازَجة.

الهَرَمُ الغِذائيّ

يُوَفِّرُ الهَرَمُ الغِذائيُّ وسيلةً سهلةً لِتَخْطيطِ وَجَباتٍ مُتوازنة. فكُتْلةُ الوَجْبةِ المُتوازنةِ يجِبُ أنْ تتألَّفَ من أطْعِمةٍ نَشَويَّةٍ غَنِيَّةٍ بالكربوهِدْراتات، إضافةً إلى كمِّيَّاتٍ أقَلَّ من الپروتينات والدُّهونِ (بأفضليَّةِ غَيْرِ الحيوانيِّ منها)، مع وَفْرَةٍ من الڤيتامينات والمَعادِنِ والألْياف. الهَرَمُ الغِذائيُّ يُمَثِّلُ طريقةً بسيطةً لتحقيقِ التوازُنِ الصَّحيح بتِبْيانِ النِّسَبِ التي يَنْبغي ان تُخْتارَ فيها أنواعُ الأطعمةِ الرئيسيَّة. فالأطْعِمةُ النَّشَويَّةُ، كالأرُزِّ والخُبْزِ، والأَطْعِمةُ الغنيَّةُ بالڤيتامينات والمَعادن والألْياف، كالخضراواتِ والثِّمار، تحتَلُّ قاعدةَ الهَرَم. وتِلكَ التي يَجِبُ أنْ تُؤكَلَ بكمِّيَّاتٍ أقلّ، كاللُّحومِ ومُنْتَجاتِ الألبان، تتواجَدُ في موقعٍ أعلى من الهَرَم. أمّا الأطْعِمةُ التي يجِبُ أنْ تُؤكَلَ بكمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ، أو لا تُؤكَل أبدًا، كالكَعْكِ السُّكَّريِّ والحَلْويَّات، فتتواجَدُ في الرأسِ الضَّيِّقِ للهَرَمِ الغِذائيّ.



أُنْظُر أيضًا

الهَضْم ص 128 - 129

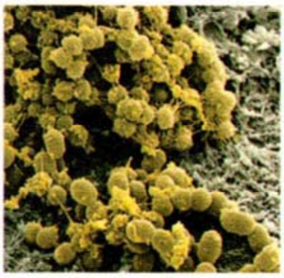
الأَيْض (الاسْتِقْلاب) ص 130

إبرازُ الفَضَلات ص 131

كيمياءُ الأَغْذِيَة ص 188 - 189

الأَسْنان

تُؤدِّي الأَسْنانُ دورًا مُهِمًّا في بدايةِ عمليَّةِ الهَضْم. فهي تَقْبِضُ الطعامَ وتُقطِّعُه شقَفًا صغيرةً ثُمَّ تَسْحَقُه تَيْسيرًا لِبَلْعِه مع اللُّعاب.

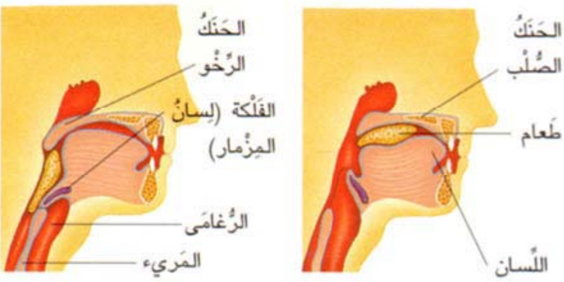


مَنْظرٌ مُكَبَّرٌ 4958 مرَّةً لبكتيريا تَعيشُ على سِنٍّ بَشَريَّة. وما لَمْ تُنَظَّف الأَسْنانُ بانتِظام، فإنَّ أمثالَ هذه البَكتيريا تُكَوِّنُ غِلافًا صَلْدًا يُسَمَّى القَلاحَ. والبكتيريا في القَلاحِ تَغْتَذي بالسُّكَّريَّاتِ وتُطلِقُ أحماضًا تَنْخُرُ الأسنانَ وتُتْلِفُها.

الأَسْنانُ بِنًى صَلْدةٌ تَبْزُغُ من اللِّثَتَيْنِ اللَّيِّنَتَيْن، وتترسَّخُ بثَباتٍ في الفَكَّيْنِ العُلْويِّ والسُّفْليِّ. وتتألَّفُ كُلُّ سِنٍّ من تاجٍ مَرْئيٍّ وجَذْرٍ سُفْليٍّ خَفِيٍّ. الأَسْنانُ الـ 32 الدائمةُ في فَمِ شَخْصٍ بالغٍ تَتَبايَنُ شَكْلًا ووَظيفةً. ففي كُلٍّ من الفكَّيْنِ أربعُ قواطعَ إزميليَّةِ الشَّكْلِ، تَقْبِضُ الطعامَ وتَقْطَعُه، ونابانِ مُدَبَّبانِ يَخْترقانِ الطعامَ ويُمَزِّقانه، وأربعُ ضَواحِكَ مُسَطَّحةٌ، بالإضافةِ إلى سِتِّ طواحِنَ كبيرةٍ، تَهْرُسُ الطعامَ وتَطْحَنُه. تَبْزُغُ في البَشَرِ مَجموعتانِ من الأسنانِ على مدَى العُمْر – مَجْموعةٌ أَوَّليَّةٌ من 20 سنًّا تُسَمَّى أسنانَ اللَّبَن، تَبْزُغُ ما بينَ الشهرِ السادسِ والشهرِ الثلاثين من عُمْرِ الطِّفْل. وتتألَّفُ المَجْموعةُ الثانيةُ، الأسنانُ الدائمةُ، من 32 سنًّا، وتكونُ براعِمُها قد تخلَّقَتْ سَلَفًا داخلَ اللِّثَتَيْن؛ لكنَّها تبدأُ بُزوغَها تدريجيًّا بَدْءًا من السَّنةِ السَّادسةِ من العُمْر، لِتَحُلَّ مَحَلَّ أسنانِ اللَّبَنِ التي تَتخلْخَلُ وتَسْقُطُ. وتكتمِلُ مجموعةُ الأسنانِ الدائمةِ بالنواجِذِ (أضراسِ العَقْل) التي تَبْزُغُ عند البُلوغِ غالِبًا، في عَشْراويَّاتِ العُمْر.

المَضْغُ والبَلْع

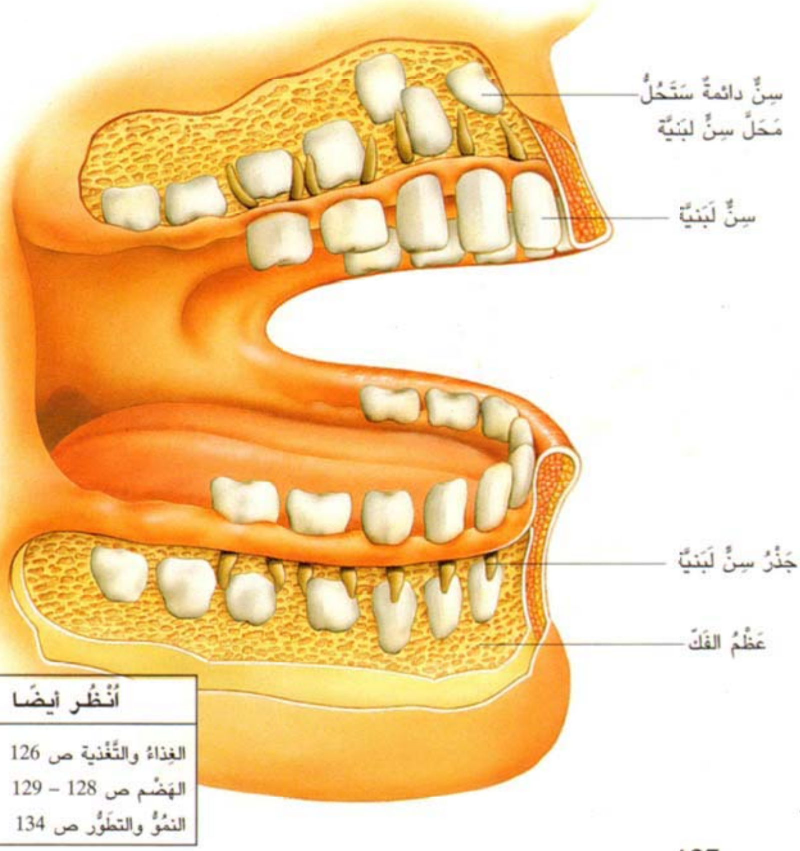
الشَّفَتانِ والأسنانُ الأماميَّةُ تَسْحَبُ الطَّعامَ إلى داخلِ الفَم. وتَقومُ عَضَلاتٌ قويَّةٌ بتَحريكِ الفَكِّ السُّفْليِّ صُعودًا ونُزولاً لِهَرْسِ الطعامِ وسَحْقِه بين الضواحِكِ والطواحِنِ (الأرحاء). ويتواجَدُ في الفَمِ ثلاثةُ أزواجٍ من الغُدَدِ اللُّعابيَّةِ التي يَنْشَطُ إفرازُها بالمَضْغ. ويَقومُ اللِّسانُ بمَزْجِ الطعامِ المَطْحونِ باللُّعاب. ثُمَّ يَدْفَعُ اللِّسانُ كُتلةَ المَزيجِ الزلِقةَ، المُسَمَّاةَ بُلْعَةً، إلى داخلِ الحَلْق. وتَسْتَثيرُ البُلْعَةُ مُنْعَكَسًا تمعُّجيًّا أوتوماتيًّا من الانْقباضِ العَضَليِّ يَدْفَعُ الطعامَ المَمْضوغَ عَبْرَ المَريءِ إلى المَعِدةِ حيثُ تَجْري المَرْحلةُ التاليةُ من عمليَّةِ الهَضْم.

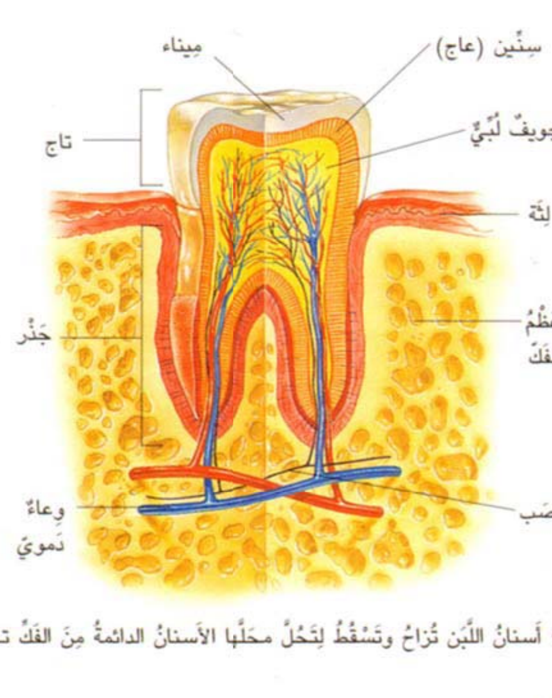


▲ يَدْفَعُ اللِّسانُ الطَّعامَ في الحَلْق. والفِعْلُ المُنْعَكِسِيُّ التَّمعُّجيُّ يَضْغطُ الطعامَ نُزولًا في المَريء. وتُغلِقُ الفَلْكةُ فُتْحةَ الرُّغامَى (القَصَبةِ الهوائيَّة) لِمَنْعِ الطعامِ من الدُّخولِ إلى الرِّئتَيْن.

بِنْيةُ الأَسْنان

تتكوَّنُ الأسنانُ من عِدَّةِ طَبَقات – الطَّبَقةُ الخارجيَّةُ تُغَطِّي التاجَ، وهي تتألَّفُ من الميناء – أصلَبِ مادَّةٍ في الجِسْم. ويؤلِّفُ السِّنِّينُ (العاجُ)، وهو مادَّةٌ شِبْهُ عظميَّة، الجُذورَ داخلَ عَظْمِ الفَكّ. ويَحْوي التجويفُ اللُّبِّيُّ الرِّخْوُ أوعيةً دمويَّةً لإبقاءِ السِّنِّ حَيَّةً، وأَلْيافًا عَصَبيَّةً تُمَكِّنُ الشَّخْصَ من الإحساسِ أثناءَ المَضْغ.





◄ أَسنانُ اللَّبَن تُزاحُ وتَسْقُطُ لِتَحُلَّ محلَّها الأَسنانُ الدائمةُ مِنَ الفَكِّ تحتَها.

أُنْظُر أيضًا

الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126
الهَضْم ص 128 – 129
النموُّ والتطوُّر ص 134

الهَضْم

هَضْمُ الطعامِ عمليَّةٌ تَسْتَخلِصُ المُغَذِّياتِ البَسيطةَ بشكلٍ يُمكِنُ لِخلايا الجِسْم تمَثُّلُه؛ وهذه العمليَّةُ تَجْري في جهازِ الهَضْم.



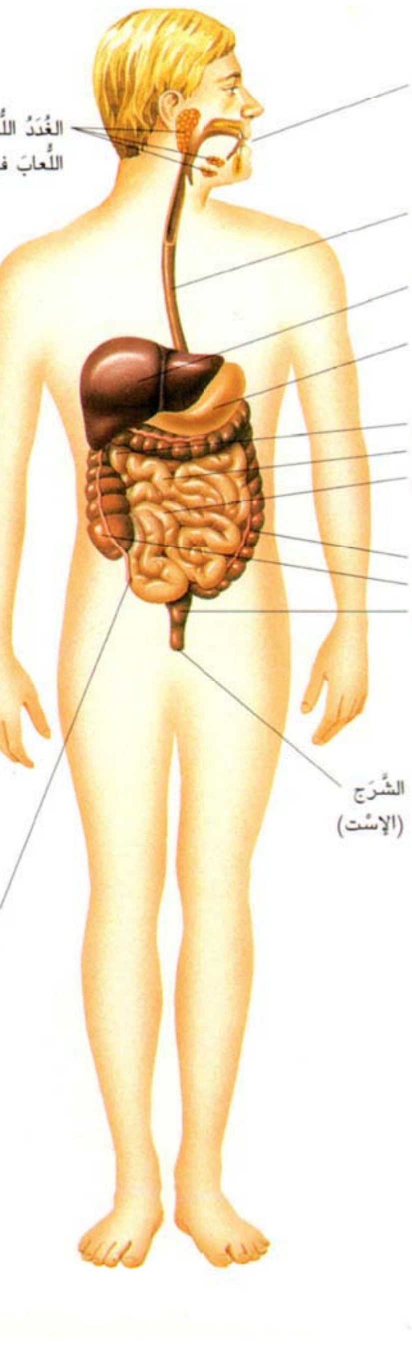
الطَّعامُ المُزْدَرَدُ يُدْفَعُ نُزولًا في المَريءِ بواسطةِ تَقَلُّصاتٍ عَضَليَّةٍ شِبْهِ تَمَوُّجيَّةٍ تُسَمَّى تَمَعُّجات. وتَنْقبضُ العَضَلاتُ خَلْفَ الطَّعام دافعةً إيَّاهُ نُزولًا.

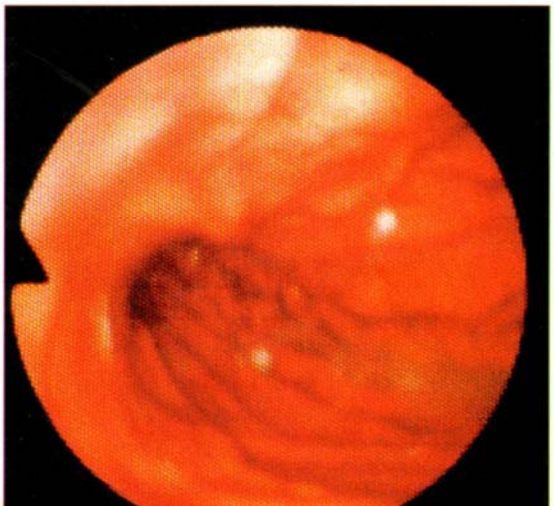
المُغَذِّياتُ الضروريَّةُ لِلحياة مُحْتَبَسَةٌ داخلَ الجُزَيْئاتِ الكبيرةِ التي تُؤلِّفُ الطَّعام. ووَظيفَةُ جهازِ الهَضْم هيَ تفكيكُ هذه الجُزَيْئات - كالكربوهِدْراتات والبروتينات والدُّهون - لاستِخْلاصِ المُغَذِّياتِ البَسيطةِ منها، كالسُّكَّريَّاتِ والأحماضِ الأمينيَّةِ والدُّهنيَّة.

تشمَلُ عمليَّةُ الهَضْم أربعَ مراحلَ هي: التَّناوُل والهَضْمُ والاِمتِصاصُ والتَبرُّز. في التناوُل يؤخَذُ الطعامُ إلى داخل الفَم حيثُ يُمْضَغُ ويُزْدَرد. وأثناءَ الهَضْم يُفَكَّكُ الطَّعامُ بالسَّحْقِ العَضَليِّ أو بواسطةِ كيماويَّاتٍ تُسَمَّى أنزيمات. وينْطوي الاِمتِصاصُ على نَقْلِ المُغَذِّياتِ من القَناةِ الهَضْميَّةِ إلى مَجْرى الدَّم. وأخيرًا، التَبرُّز؛ وبه تُطردُ الفَضَلاتُ عَبْرَ الشَّرَج (الإسْت).

المَعِدة

تقومُ المَعِدةُ بثلاثةِ أدوارٍ في عمليَّةِ الهَضْم. فهي أوَّلًا تَمْخُض الطعامَ وتَهرُسُه بانقباضاتِ جدرانِها العَضَليَّة. وثانيًا، تُطْلِقُ غُدَدٌ في الجِدارِ المَعِديِّ عُصارةً مَعِديَّةً حامضيَّةً، تَحْوي أنزيمَ البِپْسين، الذي يبدأُ هَضْمَ البروتينات في الطعام. وبفِعلِ الهَرْس وهَضْمِ البِپْسين يُحَوَّلُ الطعامُ المُبْتَلَعُ إلى سائلٍ غليظِ القَوام يُسَمَّى الكَيْمُوس. ثالثًا، تتَمَدَّدُ المَعِدةُ لِتَخْتزِنَ الطعامَ حوالى أربعِ ساعات. ومن وَقْتٍ لآخر تُطلِقُ الكَيْمُوسَ إلى الاثنَي عَشْريّ (العَفَج) عَبْرَ مَخْرجِها المَحروسِ بِحَلْقةٍ عضليَّة، تُسَمَّى مَصَرَّةَ البَوَّاب.





▲ صورةٌ للمَعِدة، كما تَبْدو عَبْرَ مِنْظارِ الباطن، تُبَيِّنُ بوُضوحٍ المُخاطَ الزَّلِقَ الذي يُبَطِّنُ ويَحْمي جدرانَ جهازِ الهَضْم.

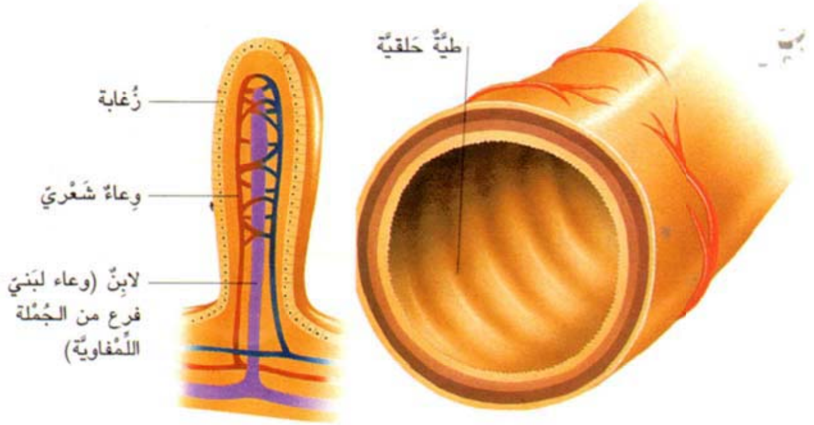
◄ يمتَدُّ جهازُ الهَضْم من الفَم إلى الشَّرَج بطُول 9 أمتار. يدخلُ الطعامُ عَبْرَ الفَم، حيثُ تَسْحَقُه الأسنانُ وتُزَلِّقُه الغُدَدُ اللُّعابيَّةُ ويُقَلِّبُه اللِّسانُ ويَدفعُه إلى الحَلْق. وبالتمَعُّج يُنْقَلُ الطعامُ المُعالَجُ من المَريء إلى المَعِدة، حيثُ يُهضَمُ جُزئيًّا. وفي المِعَى الدَّقيق تُكتمَلُ عمليَّةُ الهَضْم بإفرازاتِ الكَبِدِ والمُعَثْكَلَة (البَنْكرياس)، وتجري عمليَّةُ الامتِصاص. أمَّا الوَظيفةُ الأساسيَّةُ للمِعَى الغليظ فهي مُعالَجةُ الفَضَلات.



نتوءاتٌ زَغبيَّةٌ تُبَطِّنُ اللَّفائفيّ، الذي هو جُزْءٌ من المِعَى الدَّقيق. هذا المَنْظرُ المُكَبَّرُ 18 مرَّةً يُبَيِّنُ حَشْدًا من هذه النتوءاتِ المُطوَّاة التي يُقارِبُ طولُ الواحدة منها مليمترًا واحدًا.

تَفْعيلُ عمليَّةِ الهَضْم

المِعَى الدَّقيقُ مُلَفَّفٌ ومُطوًّى في التجويفِ البَطْنيّ؛ ويبلُغُ طولُه بين 6 إلى 7 أمتار – فيَبْقى فيه الطعامُ مُدَّةً كافيةً لِيُهْضَمَ، والمُغَذِّياتُ البَسيطةُ لِتُمْتَصَّ إلى مَجرى الدَّم. السَّطحُ الداخليُّ للْمِعَى الدَّقيقِ ذو طيَّاتٍ حَلَقيَّةٍ كَثيرةٍ مُغَطَّاةٍ بنُتوءاتٍ دقيقةٍ تُسَمَّى زُغاباتٍ. وتَحوي كُلُّ زُغابةٍ شَبكةً من الأوعيةِ الشَّعْريَّة وفَرْعًا من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة، يُسَمَّى لَابِنًا، تَعْمَل معًا في نَقْل المُغَذِّياتِ إلى خارج المِعَى الدَّقيق. الزُّغاباتُ والطيَّاتُ الحلقيَّةُ معًا تُوَفِّرُ مساحةً سطحيَّةً شاسِعَةً يَتِمُّ عَبْرَها امتِصاصُ الطَّعامِ المُهْتَضمِ بِسُرعةٍ وفعاليَّة.



المِعَى الدَّقيق

يَمتَدُّ المِعَى الدَّقيقُ من المَصرَّةِ البوَّابيَّةِ (مَخرج المَعِدة) إلى بِدايةِ المِصرانِ الأعورِ منَ المِعَى الغليظ. وهو الجُزْءُ الأهمُّ في جهازِ الهَضْم، لأنَّ مُعْظَمَ الهَضْمِ والإمتِصاص يَجْريان فيه. يتألَّفُ المِعَى الدَّقيقُ من ثلاثةِ أجزاء هي: الاثنا عَشَريّ والصائم واللَّفائفيّ.

الجُزْءُ الأوَّلُ من المِعَى الدَّقيق – الإثني عشريّ – يبلُغُ طولُه حوالى 25 سنتيمترًا. وهو يتلَقَّى الكَيْمُوسَ من المَعِدة؛ ويتلَقَّى أيضًا العُصارةَ البَنْكرياسيَّةَ من المُعَثْكَلة (البنكرياس) التي تَهْضِمُ أنْزيماتُها الكربوهِدْراتاتِ والپروتينات والدُّهونَ. وأخيرًا يتلَقَّى الصَّفْراءَ (المُرَّة) من الكَبِد، التي تُفكِّكُ الدُّهونَ فتُيَسِّرُ هَضْمَها. هذه الإفرازاتُ، بالإضافةِ إلى العُصارةِ المِعويَّةِ التي تُفْرِزُها جدرانُ الاثنَي عَشريّ، تُخفِّفُ حُموضةَ الطعام فتُتيحُ لِلأنْزيماتِ العَمَلَ بفاعليَّةٍ أكثَر.

يَبْلُغُ طولُ الصائم حوالى 2,5 متر؛ وهو يُفْرِزُ أنْزيماتٍ تُكْمِلُ هَضْمَ الكربوهِدْراتات والپروتينات والدُّهون، مُنْتِجًا تِباعًا أحماضًا أمينيَّةً ودُهنيَّةً وسُكَّرِيَّاتٍ بَسيطةً كالغلوكوز.

اللَّفائفيُّ هو الجزءُ الأطولُ والأخيرُ من المِعَى الدَّقيق. بطانةُ اللفائفيّ مُغَطَّاةٌ بزُغاباتٍ إصبَعيَّةِ الشَّكْل تَعبرُ منها السُّكَّريَّاتُ البَسيطةُ والأحماضُ الأمينيَّةُ إلى مَجْرى الدَّم الذي ينقُلها إلى الكَبِد للمُعالَجة، ومن ثَمَّ تُوَزَّعُ على خلايا الجِسْم. أمَّا الأحماضُ الدُّهنيَّةُ فتَعبرُ إلى اللَّابِنات (الأوعيةِ اللبنيَّة) – التي هي جُزْءٌ من الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة.

المِعَى الغَليظ

يبلُغُ طولُ المِعَى الغَليظ حوالى 1,5 متر، ويتألَّفُ من المِصران الأعور والقُولون والمُسْتَقيم. وفيه يُمْتَصُّ الماءُ من مُنتجاتِ الهَضْم الفَضَلاتيَّة أثناءَ عُبورِها القولون. أمَّا الفَضَلاتُ البرازيَّةُ شِبْه الجامدةِ، فتتألَّفُ من خلايا مَيْتةٍ وألْيافٍ وبكتيريا. يُخْتَزَنُ البرازُ في المُسْتَقيم ثُمَّ يُتَغَوَّطُ عَبْرَ الشَّرَج.

▼ تتألَّفُ بطانةُ القُولون من نوعَيْنِ رئيسيَّيْنِ من الخلايا. الخلايا المُبَيَّنةُ هنا باللَّون البُنّيّ (في الصورة المُكَبَّرة 747 مرَّةً) تَمْتَصُّ الماءَ من البراز فتَزْدادُ صلابَتُه. أمَّا الوَهَداتُ المُدَوَّرةُ، المُبَيَّنةُ باللَّون الرَّماديّ، فهي خلايا تُنْتِجُ المُخاط.



أنْظُر أيضًا

الذَّوقُ والشَّمّ ص 113
الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126
الأسْنان ص 127
الأيْض (الاسْتِقلاب) ص 130
كيمياءُ الأغذية ص 188 – 189

الأَيْض (الاِسْتِقلاب)

الأَيْض جَميعَةُ كُلِّ التَّفاعُلاتِ الكيماويَّةِ التي تَجْري داخلَ خلايا الجِسْم لِلحِفاظِ على الحَياة. وتَقومُ الكَبِدُ بِدَورٍ حيَويٍّ في عَمليَّاتِ الأَيْض.



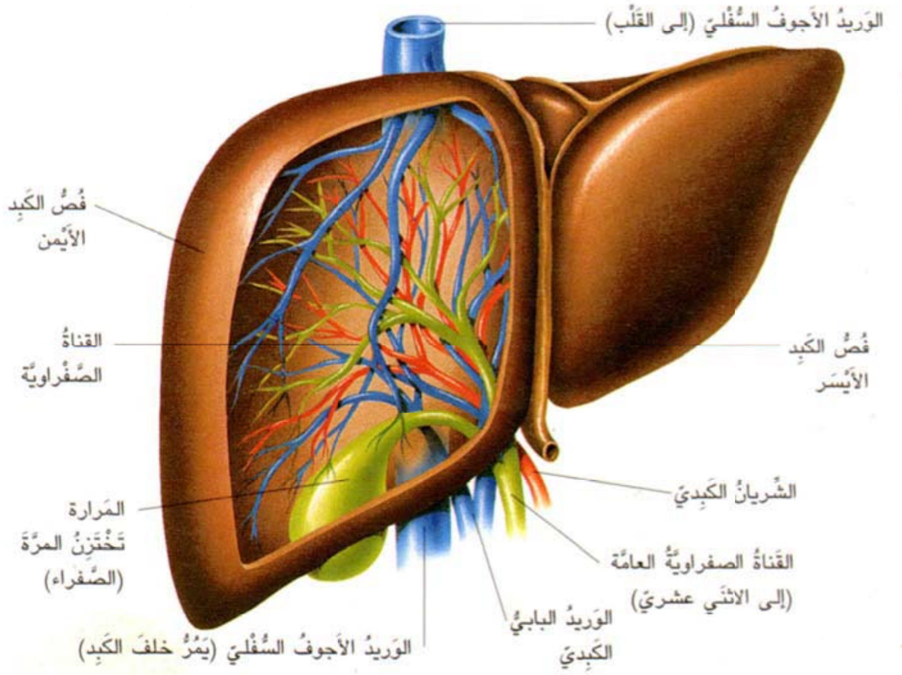
هذا الفَتى يَقيسُ درجةَ حرارة جِسْمِه بوَضْعِ شَريحةٍ حسَّاسةٍ للحرارة على جَبينِه. إنَّ عمليَّاتِ الأَيْض تطلِقُ حرارةً كافيَةً للحِفاظِ على دَرجةِ حرارة الجِسْم ثابتة على حوالى 37°س. فأيُّ زِيادةٍ أو نَقْصٍ في دَرجةِ حرارة الجِسْم تعني أنَّ الشَّخْصَ مَريضٌ.

آلافُ العَمليَّاتِ الكيماويَّةِ المُختلِفةِ تَجْري، ليلَ نهار، داخلَ كُلِّ خليَّةٍ جَسَديَّة. وتَتِمُّ هذه التفاعُلاتُ الأَيْضيَّةُ بِسُرعةٍ – كونها مُحَفَّزةً (ومُسَرَّعة) بواسِطةِ پروتينات، تُسَمَّى أنْزيماتٍ، يَحْكمُها د ن أ (المادَّة الوِراثيَّة) في نواةِ الخليَّة.

عَمليَّاتُ الأَيْض قِسمانِ يَجْريان معًا: أَيْضٌ هَدْميٌّ (انْتِقاضيّ) يُفكِّكُ موادَّ، كالغلوكوز، لتحرير الطاقة؛ وأَيْضٌ بنائيٌّ يَستَخْدِمُ موادَّ أَوَّليَّةً لِتَخليقِ موادَّ مُعَقَّدةٍ يَحْتاجُ إليها الجِسْم، مِثْل إنتاجِ الپروتينات من وَحَداتِها البنائيَّة (التي هي الأحماضُ الأمينيَّة). الطاقةُ المُنْتَجةُ بتفاعُلاتِ الأَيْضِ الهَدْميِّ تُسْتَخْدَمُ في تَزْويدِ التفاعُلاتِ البِنائيَّة بالقُدْرة. سُرعةُ الأَيْض تَحْكمُها هُرْموناتٌ (مَراسيلُ كيماويَّةٌ) كتِلْك التي تُطلِقُها الغُدَّةُ الدَّرَقيَّة.

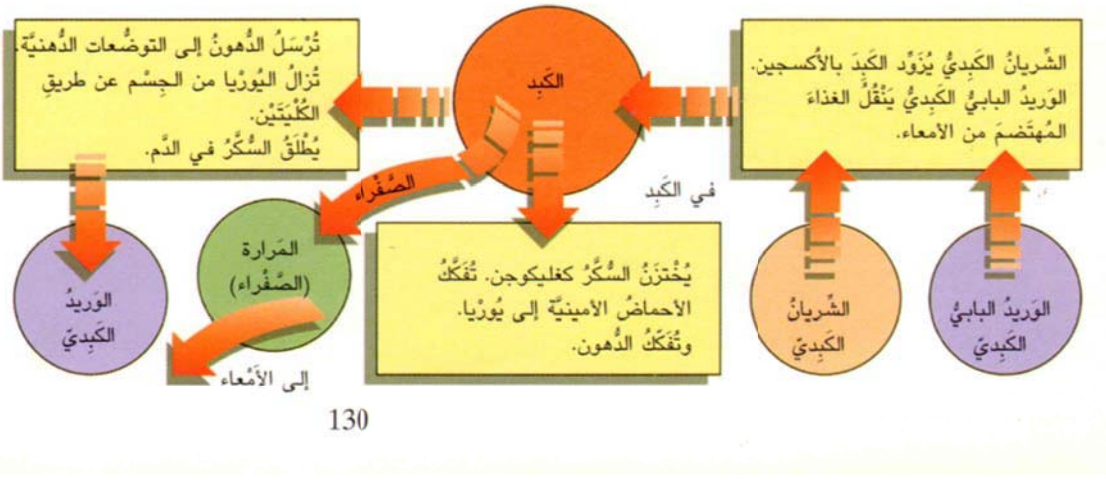
وَظائفُ الكَبِد

الكَبِدُ الحمراءُ الدَّاكنةُ اللَّون والإسفينيَّةُ الشَّكْل هي أكبَرُ أعضاءِ الجِسْم الداخليَّةِ إذْ تَشْغَلُ مُعْظمَ القِسْمِ الأيمَن العُلْويِّ من البَطْن. وتَقومُ خلاياها، المُسَمَّاة الخلايا الكَبِديَّة والتي تُعَدُّ بالبَلايين، بأكثرَ من 500 وَظيفةٍ أيْضيَّةٍ تتَحَكَّمُ في التركيبِ الكيماويِّ للدَّم. وتَقومُ الكَبِدُ أيضًا بدَورٍ رئيسيٍّ في مُعالَجةِ المُغَذِّيات. وهذا يَشْمَلُ تَخزينَ الڤيتامينات، بخاصَّةٍ ڤيتاميناتُ أ وَ د وَ $ب_{12}$، والمَعادِنِ بخاصَّةِ الحديدُ والنُّحاس – اللَّذان يُحتاجُ إليهما لِتَصْنيعِ اليَحْمور (الهيموغلوبين) – المادَّةِ الناقلة للأكسِجين في الدَّم. كذلك تُنتِجُ الخلايا الكَبِديَّةُ الصَّفْراءَ، التي تُسْهِمُ في هَضْمِ الدُّهون في المِعَى الدَّقيق، كما تُفَكِّكُ أيضًا الأدويةَ والمُخدِّرات – كالكُحول، وكيماويَّاتٍ سامَّةً أُخرى. وبعدَ تَضْبيطِ مُحتواه الكيماويّ، يُغادِرُ الدَّمُ الكَبِدَ عَبْرَ الأوردةِ الكَبِديَّة. والحرارةُ التي تُطْلِقُها الكَبِدُ تُسْهِمُ في الحفاظِ على استِدامة درجةِ الحرارة الثابتةِ الطبيعيَّة للبَشَر التي تبلُغُ 37°س.



الكَبِد

بعدَ الهَضْم، تُمْتَصُّ المُغَذِّياتُ عَبْرَ المِعَى الدَّقيق، فَتَرتفِعُ بِسُرعةٍ مُسْتَوياتُ المُغَذِّياتِ في الدَّم – بخاصَّةٍ السُّكَّريَّاتُ البَسيطة والأحماضُ الأمينيَّة والدُّهون. لكنَّ تحكُّمَ الكَبِد فعَّالٌ في ضَبْطِ هذه المُستَويات لِمَنْع هذا التمَوُّرِ من الإخلالِ بأنشطةِ خلايا الجِسْم. فالكَبِدُ تتلَقَّى الدمَ من مَصْدَرين: الأوَّلُ، عَبْرَ الوَريدِ البابيِّ الكَبِديِّ، غَنيٌّ بالسُّكَّريَّاتِ البَسيطةِ والأحماض الأَمينيَّة الواردة مباشَرةً من المِعَى الدَّقيق، والآخَرُ عَبْرَ الشِّريانِ الكَبِديِّ الذي يَحْملُ الدُّهونَ التي سبَقَ أن امتصَّتْها الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّةُ ثُمَّ أفرغَتْها في الدَّم. في الكَبِد، يُخْتَزَنُ فائضُ السُّكَّريَّاتِ كغلَيكوجن، ويُفَكَّكُ فائضُ الأحماضِ الأمينيَّةِ لتكوين اليُورْيا. أمَّا فائضُ الدُّهونِ فَيُعالَجُ بواسِطةِ الخلايا الكَبِديَّةِ أو يُرْسَلُ إلى الأنسِجَةِ الدُّهنيَّةِ للتَّخْزين.



أنْظُر أيضًا

الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
الغِذاءُ والتغذية ص 126
الهَضْم ص 128 – 129

إبرازُ الفَضَلات

يُنْتِجُ الجِسْمُ مُنْتَجاتٍ فَضَلاتيَّةً باستِمْرار نَتيجةً للأَنْشطةِ الكيماويَّةِ في خلاياه. وهذه الفَضَلاتُ يَجِبُ التخَلُّصُ منها، وإلّا فإنَّها تَتَراكمُ وتُسَمِّمُ الجِسْم.



الكُلَى الإصطناعيَّةُ (أو الآليَّةُ) تُوَفِّرُ لِمَرْضَى القُصورِ الكُلْويِّ سَبيلًا لإنقاذِ الحياة. فأثناء مُرور دَم هذه المَريضة عَبْرَ مَكِنَةِ الإبراز تُزالُ الفَضَلاتُ السامَّةُ بواسِطةِ عمليَّةِ الدَّيْلَزة. ولِلْبقاءِ على قَيْدِ الحياة، يَنْبغي وَصْلُ المَريضة بهذه المَكِنة من أربعِ إلى ثماني ساعاتٍ يوميًّا، ثلاثَ مرَّاتٍ في الأُسبوع.

تَجْري عمليَّةُ التخَلُّصِ من الفَضَلات، إفرازًا أو إفراغًا، بواسِطةِ أعضاءِ الإبراز. فبدُونِ هذه الأعضاء، سَتتراكَمُ الفَضَلاتُ في المائعِ النَّسيجيِّ وتُسَمِّمُ، ليسَ الخلايا فقَط بلْ الجِسْمَ بكامِلِه. أعضاءُ الإبراز الرئيسيَّةُ هي الرِّئتان والجِلْدُ والكَبِدُ والكُلْيَتان. الرِّئتانِ تُفْرِغانِ ثاني أُكسيد الكربون - الناتجَ الفَضَلاتيَّ لِتحريرِ الطاقةِ في الخلايا، بزَفْرِه خارِجًا. والجِلْدُ يُفْرِزُ الماءَ والأملاحَ وفَضَلاتٍ أُخرى في العَرَق. والكَبِدُ تُفَكِّكُ كثيرًا من الموادِّ السامَّة، كما تُفْرِزُ فَضَلاتٍ ضِمْنَ سائلِ الصَّفْراء (المُرَّة) وتُنتِجُ اليُورْيا - فَضَلاتِ فائضِ الأحْماضِ الأمينيَّة. وتفرزُ الكُلْيَتان اليُورْيا أيضًا وفَضَلاتٍ أُخرى في البَوْل.

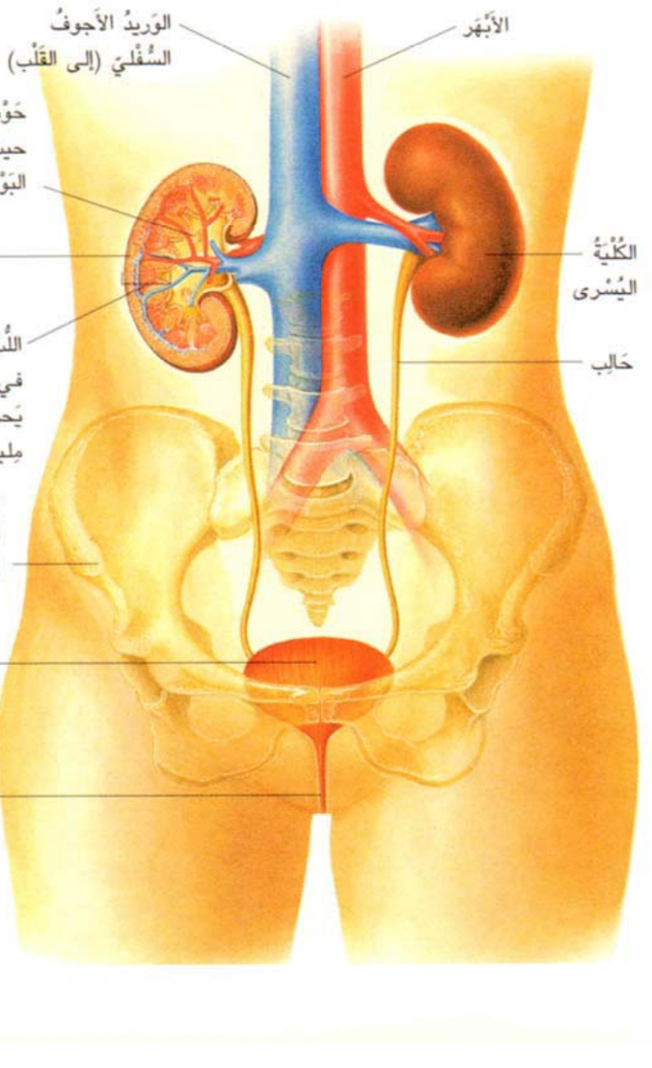
كيف تعمَلُ الكُلْيَتان

تُعالِجُ الكُلْيَتانِ الدمَ بإبرازِ الفَضَلاتِ كاليُورْيا منه وبإزالةِ الماءِ الفائض. وهٰذه الفَضَلاتُ، مع الماء، تُكَوِّنُ البَول. تتلَقَّى الكُلْيَتان 1,2 لِترٍ من الدم في الدَّقيقة عَبْرَ الشِّريانَيْن الكُلْويَّيْن تُعالَجُ بواسطة الكُلَيْونات. يتألَّفُ الكُلَيونُ من كُبَيْبَةٍ ومِحْفظةٍ كُلْويَّةٍ ونُبَيْبٍ كُلْويّ. في الكُبَيْبَةِ، تُجْمَعُ الرُّشاحةُ من الدمِ تحت الضغط، داخِلَ المِحْفظةِ الكُلْويَّةِ الجَوفاء، وهٰذه الرُّشاحَةُ تحوي فَضَلاتٍ وماءً زائدًا، وأيضًا موادَّ مُفيدةً كالغلوكوز والأحماضِ الأمينيَّة. وأثناءَ مُرورِ هذه الرُّشاحَةِ عَبْرَ النُّبَيْبِ الكُلْويِّ، تُمْتَصُّ الموادُّ المُفيدةُ ومُعْظَمُ الماء، وتُعادُ إلى الدَّم. أمّا السائلُ الباقي - وهو البَوْل - فيُخْتَزَنُ في المَثانة ويُفْرَغُ منها بالتبَوُّل عدَّةَ مرَّاتٍ يوميًّا.

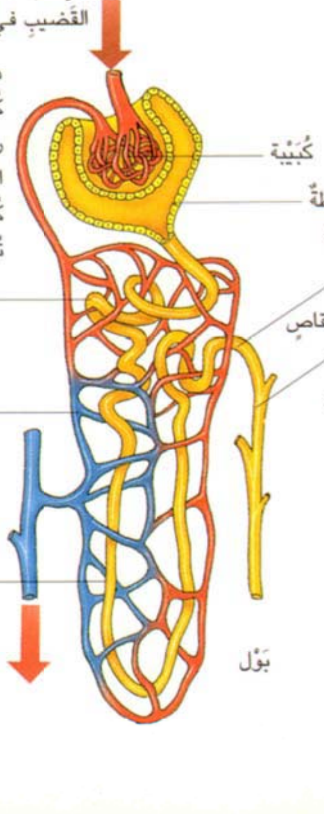
يُرْتَشَحُ يوميًّا من مَجرى الدم حوالى 180 لترًا من الرُّشاحَةِ، لكِنْ لا يُبْرَزُ منها، كبَوْلٍ، سِوى 1,5 لِتر - عِلْمًا أنَّ الكُلْيَتين تُعالجان كامِلَ دَمِ الجِسْمِ حوالى 60 مَرَّةً يوميًّا.

الجهازُ البَوْليّ

يتألَّفُ الجهازُ البَوْليُّ من كُلْيَتين وحالِبَيْن والمَثانة والمَبال (الإحليل). وتقَعُ الكُلْيَتان، وهما بشَكْلِ حَبَّتَي فاصولياء، في قَفا الجِدارِ البَطْنيّ على كِلا جانِبَي العَمود الفَقَريّ خلْفَ المَعِدة. وتتألَّفُ كُلُّ كُلْيَةٍ من ثلاثِ طَبَقات هي: القِشْرةُ واللُّبُّ والحَوْضُ الكُلْويُّ الداخليّ. القِشْرةُ واللُّبُّ يَحويان وَحَداتٍ مُرَشِّحَةً مِجْهريَّةً تُنْتِجُ البَوْل تُسَمَّى كُلَيْونات. يَسْري البَوْلُ إلى الحَوْض الكُلْويّ، ويَنِضُّ نُزولًا في الحالِبَيْن لِيُخْتَزَنَ في المَثانةِ حتَّى إفراغِه من الجِسْم عَبْرَ المَبال - من مَخْرجِه في طَرَفِ القَضيبِ في الذُّكور؛ وفي الفَرْجِ في الإناث.



هذا واحدٌ من المليون كُلَيْون داخِلَ كُلِّ كُلْيَة. وهو يتألَّفُ من ثلاثةِ أجزاءٍ رئيسيَّةٍ هي: كُتْلةٌ من الأوعيةِ الشَّعْريَّة تُسَمَّى كُبَيْبَة، ومِحْفظةٌ كُلْويَّةٌ (مِحْفظةُ بومان) قَدَحيَّةُ الشَّكل تُحيط بها، ونُبَيْبٌ كُلْويٌّ طَويل.

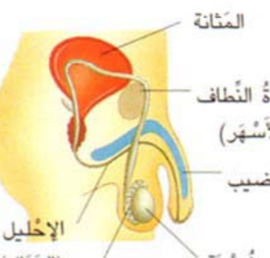


أنْظُر أيضًا

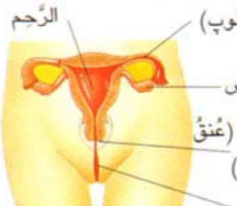
اللَّمْس ص 112، الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
الهَضْم ص 128 - 129

التَّناسُل

عَمليَّةُ التَّناسُلِ تَضْمنُ عدمَ انْقِراضِ الجِنْسِ البَشَريّ. فجِهازا التَّناسُلِ الذَّكريُّ والأُنثويُّ يُمَكِّنان الرِّجالَ والنِّساءَ من الإنجاب.



تُنْتِجُ الخُصْيتان ملايينَ النِّطاف يوميًّا. أثناءَ الاتِّصالِ الجِنْسيّ يَنْتَصِبُ القَضيبُ ويُولَجُ في مَهْبِلِ الأُنثى. وتُدفَعُ النِّطافُ على طولِ الأَسْهَر إلى خارِجِ القَضيب.

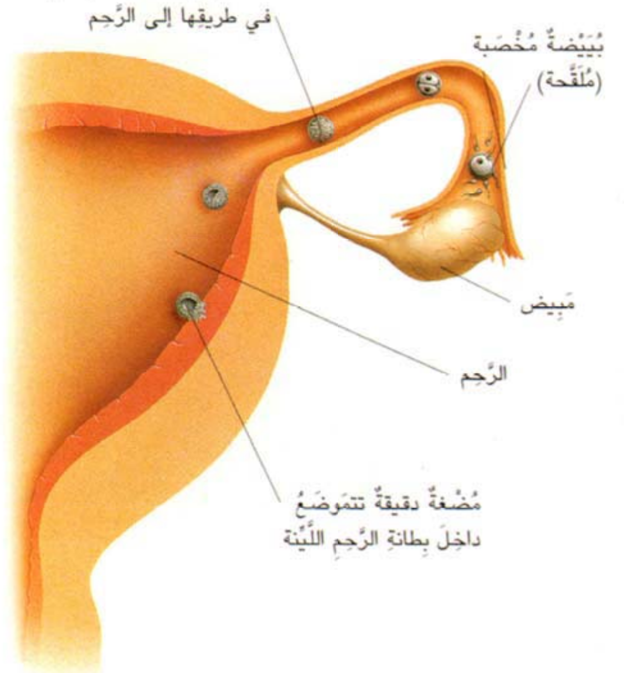


يحوي المَبيضان مَخْزونًا من البُيوض، تُطْلَقُ واحدةٌ منها شَهْريًّا. فإذا أُخصِبت (لُقِّحت) البويضةُ بنُطْفةٍ، فإنَّها تَنشأُ حميلًا داخلَ الرَّحِم يُولَدُ عَبْرَ المَهْبِل عندَ انْتِهاءِ فَتْرةِ الحَمْل.

جهازُ التَّناسُلِ يَنْشَطُ بَعْدَ سِنِّ البُلوغ (الحُلُم) خلالَ سَنواتِ المُراهَقةِ الأُولى. ويَتَبايَنُ جهازا التناسُلِ الذَّكريُّ والأُنثويُّ رُغْمَ أنَّ كِلَيهِما يُنتِجان خلايا جنسيَّةً عَبْرَ نَمَطٍ خاصٍّ من الانقِسام الخَلَويِّ يُسَمَّى الانقِسامَ المُنَصِّف. في نَوى الخلايا الجِنسيَّةِ 23 صِبْغيًّا (كروموسومًا)، وذلك هو نِصْفُ عددِ الصِّبْغيَّات في نَوى الخلايا الأُخرى. الخلايا الجنسيَّةُ الذَّكريَّةُ المُسَمَّاةُ نِطافًا، تُنْتَجُ في الخُصْيَتَيْنِ بما يَزيدُ على 250 مليون نُطْفةٍ يوميًّا. الخلايا الجنسيَّةُ الأُنثويَّةُ، المُسَمَّاةُ بُيوضًا أو بُيَيْضاتٍ، تُنتَجُ في المَبيضَيْنِ قبْلَ الولادة. وبعدَ سِنِّ البُلوغ، تُطْلَقُ بَيْضةٌ واحدةٌ شَهْريًّا – الإباضة – ويَتَحَضَّرُ جِسْمُ الأُنثى لِحَمْلٍ مُحتَمَل. تتَّحِدُ النُّطْفةُ الذكريَّةُ مع البُيَيْضةِ الأُنثويَّةِ عند الاتِّصالِ الجِنْسيِّ حيثُ يُطلِقُ القَضيبُ المُولَجُ في المَهْبِلِ ملايينَ النِّطافِ التي تَسْبَحُ نحو البُوقَيْنِ (أُنبوبَي فالوب). وإذا حدثَ هذا الاتِّصالُ ضِمْنَ 24 ساعةً من الإباضة، فقد تَخْتَرِقُ نُطْفةٌ البُيَيْضةَ؛ في عمليَّةٍ تُسَمَّى الإخْصاب. في هذه العمليَّةِ، تتَّحِدُ نواةُ النُّطْفةِ (23 صِبْغيًّا) مع نَواةِ البُيَيْضةِ (23 صِبْغيًّا) بحيث تحوي البُيَيْضةُ المُخْصَبةُ مادَّةً وراثيَّةً مُوَحَّدةً (46 صِبْغيًّا) تَتَضَمَّنُ المُخَطَّطَ الوِراثيَّ لِكائنٍ بَشَريٍّ جديد.

العُلوق – بدايةُ الحَمْل

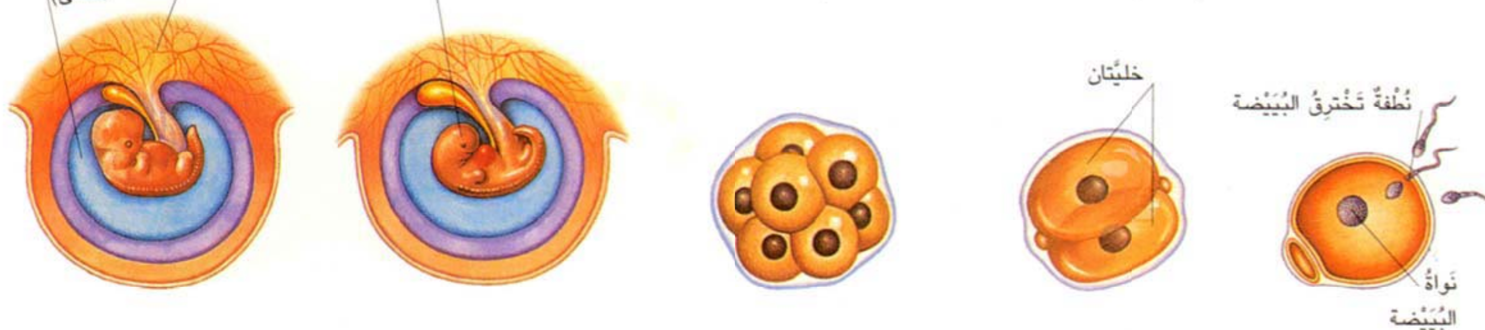
العُلوق هو الوَقْتُ المُسْتَغْرَقُ بين الإخصابِ وانْغِراسِ البُيَيْضةِ المُخْصَبةِ في بِطانةِ الرَّحِم. فأثناءَ مُرورِ البُيَيْضةِ المُخْصَبة على طُولِ أُنبوبِ فالوب، تَنْقَسِمُ تكرارًا مُكَوِّنةً كرةً جوفاءَ من الخلايا تُسَمَّى مُضْغَة. وبعدَ سبعةِ أيَّامٍ تَنْغَرِسُ المُضغَةُ في بِطانةِ الرَّحِمِ اللَّيِّنةِ وتُصبِحُ جَنينًا. وإذا انفصَلَت الخليَّتان الوَليدتان عندَ أوّلِ انقِسامٍ للبُيَيْضةِ المُخْصَبةِ فإنَّ الخليَّتَيْنِ تَنْشَأَانِ مُسْتَقِلَّتين تمامًا وتُنْتِجان تَوأَمَيْنِ طَبيقَيْن. أمّا إذا انطلقَت البُيَيْضتان أثناءَ الإباضة وجَرى إخْصابُ كُلٍّ منهما بِمُفْرَدِها، فإنَّهما سَتُنْتِجان تَوأمَيْنِ أخَوَيْن.



تُطْلَقُ البُيَيْضاتُ من المَبيضَيْن. وإذا التقَتْ بُيَيْضةٌ بنُطْفةٍ فقد يَجْري إخصابُها. وأثناءَ ارْتِحالِها على طول أُنبوبِ فالوب، تأخذُ البُيَيْضةُ المُخْصَبةُ بالانقِسام تكرارًا. وفي غُضونِ سبعةِ أيّامٍ، تَبْلُغُ البُيَيْضةُ الرَّحِمَ ككُتلةٍ كُرويَّةٍ جَوفاء من الخلايا.

تَنَشُّؤ الحَميلِ داخِلَ الرَّحِم

بعدَ الإخصاب، تَرْتَحِلُ البُيَيْضةُ المُخْصَبةُ إلى الرَّحِم. والخليَّةُ التي بدأتْ كخليَّةٍ مُفْرَدةٍ تَغْدو الآنَ جَنينًا يتألَّفُ من بلايين الخلايا. يَحْدُثُ التَنَشُّؤُ داخِلَ السَّلى، وهو كيسٌ مَليءٌ بالصاءة (سائل السَّلَى) مَحْمِيٌّ داخلَ الرَّحِم. يَسْري الغِذاءُ والأُكسجينُ إلى الجَنين عَبْرَ الحَبْلِ السُّرِّيِّ من المَشيمةِ، حيثُ يَتَماسُّ دَمُ الجَنينِ ودَم الأُمِّ تماسًّا وَثيقًا.



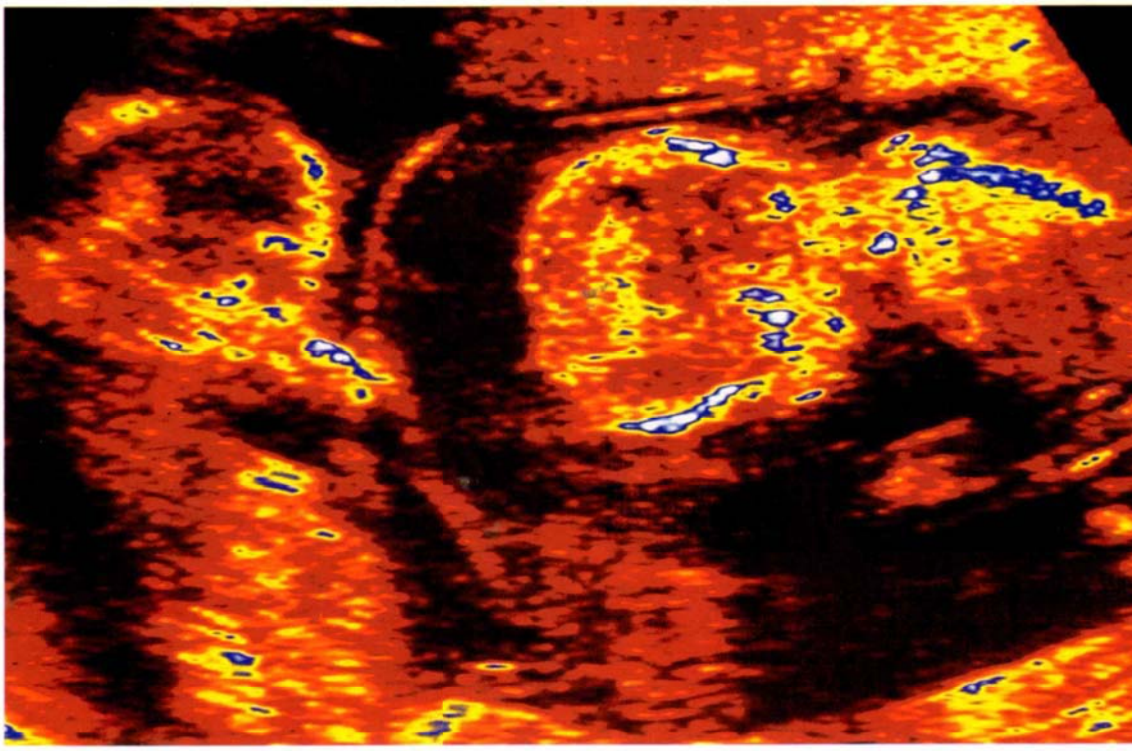
1 أثناءَ الإخْصاب، تتَّحِدُ نواةُ النُّطْفةِ مع نَواةِ البُيَيْضةِ لِتُنْتِجا بُيَيْضةً مُخْصَبَةً.

2 بعدَ إخْصابِ البُيَيْضةِ بحوالى 36 ساعةً تكونُ البُيَيْضةُ قد انقسمَتْ مَرَّةً واحدةً لِتُنْتِجَ خليَّتَيْن.

3 بعدَ الإخْصابِ بحوالى 72 ساعةً يُصبِحُ عددُ الخلايا 16. وفي بِضْعةِ أيَّام، تَسْتَقِرُّ كُرَةُ الخلايا في الرَّحِم.

4 بعدَ أربعةِ أسابيع – الجَنينُ طافٍ في السَّلَى (الكيسِ المَليءِ بالصاءة «سائلِ السَّلَى»). القَلْبُ يَخْفِقُ والدِّماغُ آخِذٌ بالتَنَشُّؤ.

5 بعدَ خَمْسةِ أسابيع – الجنينُ بحَجْمِ بِزْرةِ التُّفاح. وتَبْدو عليه بَراعِمُ سَتُصْبِحُ مُسْتَقْبلًا الذِّراعَيْن والرِّجْلَيْن. والذَّيْلُ هنا آخِذٌ بالانْكِماش.



تَفْريسةٌ فَوق صَوتيَّة لِرَحم امرأةٍ حُبْلَى تُبيِّنُ أنَّها تحمِلُ تَوأمَيْن. يَبْدو الجَنينُ، إلى اليَسار، في مَنْظرٍ جانبيٍّ وجِسْمُه تحتَ رأسِه مُباشَرةً. الجَنينُ إلى اليَمين، يتَّجِهُ رأسُه سَفْلًا وجِسْمُه يمتَدُّ أُفُقيًّا. رأسَا الجَنينَيْن كلاهُما في أعلى الصُّورة. التصويرُ فوقَ الصوتيّ طريقةٌ مأمونةٌ وغيرُ مُؤلِمَةٍ لتَعرُّفِ الوضْعِ الصِّحّيِّ لِلجَنين. تُوَجَّهُ الأمواجُ الصوتيَّةُ إلى داخِلِ الرَّحِم، وتُتَلَقَّى الأصداءُ المُرْتَدَّةُ لإنتاجِ الصُّور.



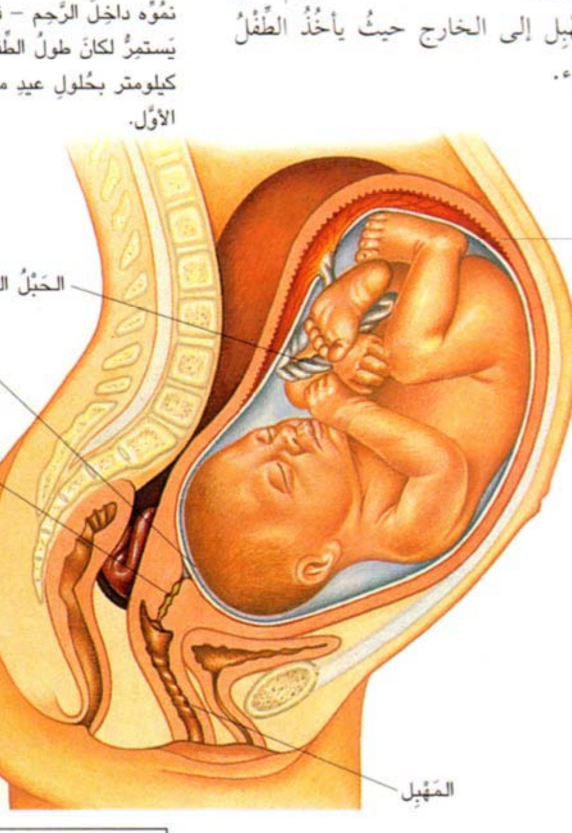
الصورةُ أعلاه هي لِطِفلٍ سليمٍ ذَكر. الجِسْمُ البَشريُّ لا يَعودُ يَنْمُو بالسُّرعةِ نَفْسِها كسُرعةِ نمُوِّه داخِلَ الرَّحِم – فلَو أنَّ ذلك يَستمِرُّ لكانَ طولُ الطِّفْل 2 كيلومتر بحُلولِ عيدِ ميلادِه الأوَّل.

الحَبَل (الحَمْل)

فترةُ الحَمْل هي الوقتُ المُسْتَغْرَقُ بين بدايةِ الحبَل والوِلادة. يُسَمَّى الحَميلُ المُتَنَشِّئُ مُضْغةً على مَدى الشَّهْرَيْنِ الأوَّلَيْن من الحَبَل. وبعدَ ذلك، عندما يَبْدأُ عمَلُ الأعْضاء، يُسَمَّى جنينًا. سائلُ السَّلَى يُحيطُ بالجَنين ويَحْميه. وتَتَوَفَّرُ وسائلُ العيش لِلجَنينِ بواسطةِ المَشيمَةِ المُتَّصِلةِ بالرَّحِم. فالجَنينُ يتلَقَّى الغذاءَ والأُكسجينَ عَبْرَ المَشيمَةِ من دَمِ الأُمِّ إلى دَمِه مُباشرةً؛ وتُبْرَزُ الفَضَلاتُ في الإتّجاهِ المُعاكِس. الحَبْلُ السُّرِّيُّ يَضُمُّ الأوعيةَ الدَّمويَّةَ الواصلة بين المَشيمَةِ والجَنين.

الوِلادة

بعدَ حوالى 38 أسبُوعًا من الإخصاب، تَبْدأُ الرَّحِمُ بالإنْقِباض – في عمليَّةٍ تُسَمَّى المَخاض. يبدأُ المَخاضُ عادةً قبْلَ الوِلادةِ بحوالى 12 ساعةً. تقَلُّصاتُ الرَّحِم القويَّةُ تَدْفَعُ الطِّفْلَ عَبْرَ المَهْبِل إلى الخارج حيثُ يأخُذُ الطِّفْلُ نَفَسَه الأوَّلَ من الهواء.







6 بعدَ ثمانيةِ أسابيع، يَغْدو حَجْمُ المُضْغةِ – المُسَمَّاةِ الآنَ جَنينًا – بِحَجْم حَبَّةِ الفَراوْلَة (الفريز) تقريبًا، وقد نمَتْ له أصابعُ وأباخِسُ دَقيقة.

7 بعدَ 28 أسبوعًا، يكونُ الجَنينُ قد اكتمَلَ نماؤه في الرَّحِم المُوَسَّعة. وهو سَيتنامى ويَزْداد وَزْنُه أكثر قبْلَ الوِلادة.

8 عند تَمام فَتْرة الحَمْل، حوالى 38 أسبوعًا بعدَ الإخصاب، يكونُ رأسُ الجَنين قد اتَّجه إلى أسْفَل استِعدادًا لعمليَّةِ الوِلادة.

اُنْظُر أيضًا

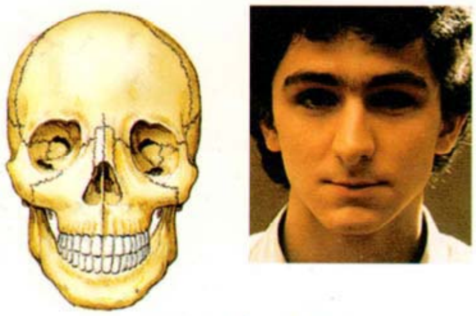
تركيبُ الجِسْم ومَنْظوماتُه ص 98 – 99، النمُوُّ والتطَوُّر ص 134، الجِيناتُ والكرومُوسُومات ص 135

النمُوُّ والتطَوُّر

من الوِلادةِ حتَّى سِنِّ الرُّشْد يَتْبَع النمُوُّ والتطَوُّرُ نمَطًا ثابتًا في السِّنين الـ 20 الأُولى من العُمْر. وببلُوغِ عُمْرِ الـ 40، تَبْدأُ علاماتُ الشَّيْخوخة الأُولى بالظهور.



وَجْهٌ وجُمْجُمةٌ في عُمْر 6 سنوات



وَجْهٌ وجُمْجُمةٌ في عُمْر 16 سنة

صُورتانِ للشَّخْص نَفْسِه ماخوذتان في عُمْرَيْن مُخْتلِفَين تُمَثِّلان معالمَ تغَيُّر شَكْلِ الوَجْه بين عُمْر 6 سنوات وعُمْر 16 سنة. ويتَّضِحُ من الرسمَيْن أنَّ عِظامَ الوَجْه – كما هو بَيِّنٌ من شَكْلِ الجُمْجُمتَيْن – تنمُو بِسُرعةٍ خِلالَ أواخِرِ مَرحلةِ الطُّفولة.



▲ الأمُّ والطِّفْلُ يَتَواصَلان بنَظراتِ الحُبِّ والأُمومة. وتبدأ وَشائجُ الترابُطِ هذه منذُ الوِلادة. حَضْنُ الأطْفالِ يُشْعِرهُم بالطُّمأنينةِ والأمان، فيَسْتجيبون بالابتِسام والمُناغاة. وَشائجُ الترابُطِ هذه تُعَزِّزُ الاحاسيسَ الطبيعيَّةَ لَدى الوالدَيْن نحو أبنائهم.

النمُوُّ والتطَوُّرُ يَحْدُثانِ في الوقتِ نَفْسِه. فالنمُوُّ هو زيادةُ الحَجْم، والتَطوُّرُ هو تَخَصُّصُ الخلايا لأداءِ وَظائفَ مُحَدَّدة. خِلالَ سَنتِه الأُولى، يَعْتمِدُ الطِّفْلُ كُلِّيًّا على والدَيْه في تَغْذيتِه وحِمايتِه. لكنَّه يكونُ قد بدأَ بتَطْوير مَهاراتٍ كالنُّطقِ والمَشْي والتفاعُلِ مع الآخرين. هذه المَهاراتُ تَتَوضَّحُ أكثرَ وتتطَوَّرُ باطِّرادٍ مع تقَدُّمِ الطِّفْل في العُمْر.

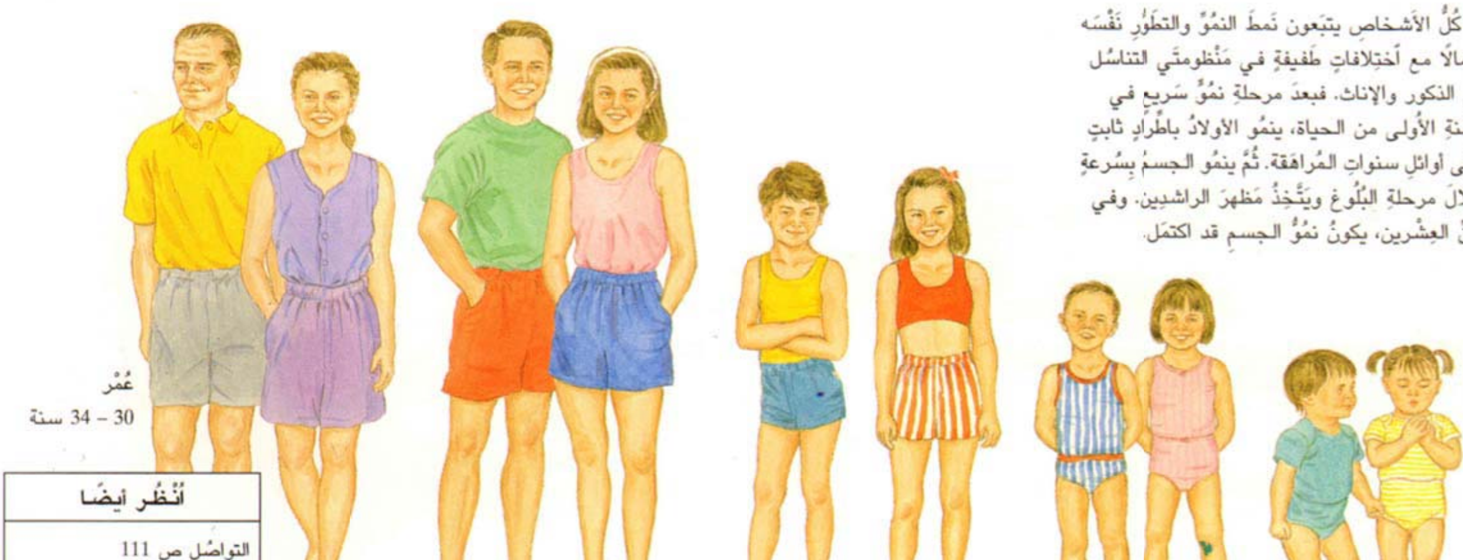
البُلُوغ (الحُلُم) والمُراهَقة

مَرحلةُ البُلُوغ هي فترةُ النمُوِّ السَّريع الذي يُؤدِّي إلى النُّضوجِ الجِنْسيّ. وهو يَبْدأُ حوالى عُمْر 11 سَنة في الفَتيات وحوالى 13 سَنة في الفِتيان. فيَظهَرُ، في كِلا الجنسَيْن، شَعْرُ الإبطِ والعانة؛ ويَغْدو جِسْمُ الفتاةِ أكثَرَ استِدارةً، ويَنْهَدُ الثَّدْيان، ويَتّسِعُ الحَوْضُ والوَركان، ويَبْدأُ المَبيضانِ بإطلاقِ البُيوض، ويَبْدأُ الحَيْضُ (الطَّمْث). أمّا جِسْمُ الفتى فيَغْدو أكثرَ تَعَضُّلًا وشَعْرانيَّةً من جِسمِ الفتاة. فتَعْرُضُ مَنْكِباه ويَخشَوشِنُ صوتُه، وتَبْدأُ خُصْيَتاه بإنتاجِ النِّطاف. والبلُوغ هو أيضًا جُزْءٌ من مَرحلة المُراهَقة التي تَنْطوي أيضًا على تغَيُّراتٍ عقليَّة. هذه التغَيُّراتُ تجعَلُ الفَتى البالِغَ أكثرَ استِقْلاليَّةً وتُولِّدُ لَديه أحاسيسَ جِنْسيَّة.

الشَّيْخوخة

بعدَ سِنِّ الـ 40 يبدأُ الجِسْمُ يَشيخُ بسُرعةٍ مَلْحوظة. فمَع تَقَلُّلِ فعاليَّةِ الخلايا يَغْدو الجِلْدُ أكثرَ تَغَضُّنًا، والعَضَلاتُ أقلَّ قوَّةً، والعِظامُ أكثرَ قَصافةً، والحواسُّ أقَلَّ حِدَّةً، وتقِلُّ كثافةُ شَعْرِ الرأسِ ويَصيرُ رَماديًّا. وفي نِهايةِ المَطاف، يتوَقَّفُ جهازٌ أو أكثَرُ من أجهزةِ الجِسْمِ عن العمَل فيَموتُ الشَّخْص.

▼ كُلُّ الأشخاصِ يتبَعون نَمطَ النمُوِّ والتطوُّرِ نَفْسَه إجمالًا مع اختِلافاتٍ طَفيفةٍ في مَنْظومتَي التناسُل في الذكور والإناث. فبعدَ مرحلةِ نمُوٍّ سَريعٍ في السَّنةِ الأُولى من الحياة، ينمُو الأولادُ باطِّرادٍ ثابتٍ حتَّى أوائلِ سنواتِ المُراهَقة. ثُمَّ ينمُو الجسمُ بسُرعةٍ خلالَ مرحلةِ البُلُوغ ويَتَّخِذُ مَظهرَ الراشِدين. وفي سِنِّ العِشْرين، يكونُ نمُوُّ الجسمِ قد اكتمَل.

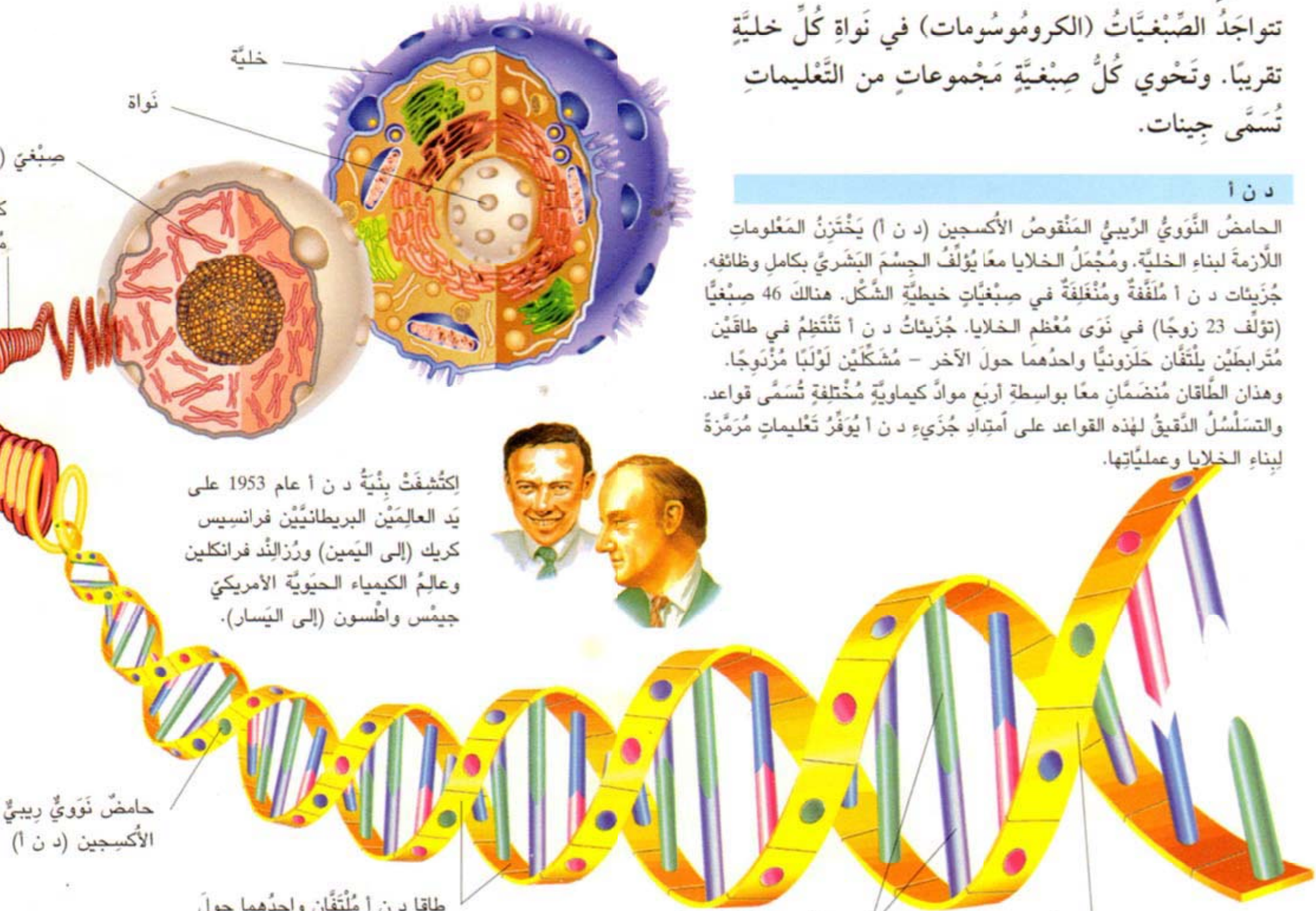


انْظُر أيضًا

التواصُل ص 111
الهُرْمونات ص 118 – 119
التَّناسُل ص 132 – 133
الجيناتُ والكروموسُومات ص 135

الجِيناتُ والكروموسُومات

تتواجَدُ الصِّبْغيَّاتُ (الكروموسُومات) في نَواةِ كُلِّ خليَّةٍ تقريبًا. وتَحْوي كُلُّ صِبْغيَّةٍ مَجْموعاتٍ من التَّعْليماتِ تُسَمَّى جِينات.



د ن أ

الحامضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسجين (د ن أ) يَخْتَزِنُ المَعْلوماتِ اللّازمةَ لبناءِ الخليَّة. ومُجْمَلُ الخلايا معًا يُؤلِّفُ الجِسْمَ البَشَريَّ بكاملِ وظائفه. جُزَيئات د ن أ مُلَفَّفةٌ ومُنْغَلِقةٌ في صِبْغيَّاتٍ خيطيَّةِ الشَّكْل. هنالكَ 46 صِبْغيًّا (تؤلِّف 23 زوجًا) في نَوَى مُعْظمِ الخلايا. جُزَيئاتُ د ن أ تَنْتَظِمُ في طاقَيْن مُترابطَيْن يلْتَفَّان حَلَزونيًّا واحدُهما حولَ الآخر – مُشَكِّلَيْن لَوْلَبًا مُزْدَوجًا. وهذان الطّاقان مُنضَمَّانِ معًا بواسِطةِ أربَعِ موادَّ كيماويَّةٍ مُخْتَلِفةٍ تُسَمَّى قواعد. والتسَلْسُلُ الدَّقيقُ لهذه القواعد على امتِدادِ جُزَيْءِ د ن أ يُوَفِّرُ تَعْليماتٍ مُرَمَّزةً لِبناءِ الخلايا وعمليَّاتِها.

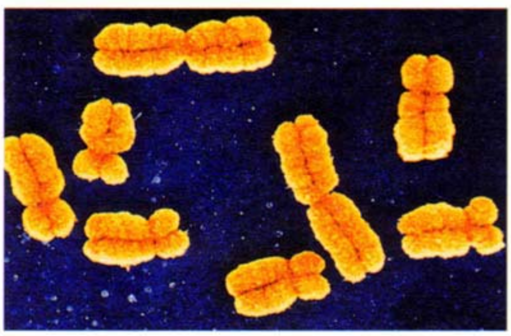
اِكتُشِفَتْ بِنْيَةُ د ن أ عام 1953 على يَد العالِمَيْن البريطانيَّيْن فرانسِيس كريك (إلى اليَمين) ورُزالِنْد فرانكلين وعالِمُ الكيمياء الحيَوِيَّة الأمريكيّ جيمْس واطْسون (إلى اليَسار).

هنالك حوالى 000 100 جِينةٍ في الجِسْمِ البَشَريّ. تتألَّفُ الجِينةُ الواحدةُ من قِطعةٍ صغيرةٍ من جُزَيْءِ د ن أ. كُلُّ جِينةٍ تُصْدِرُ تَعْليماتِها إلى خليَّةٍ لِتُصَنِّعَ بروتينًا مُعَيَّنًا. وحيثُ إنَّ البروتيناتِ تحكُمُ الأَيْضَ الخَلَويَّ، فإنَّ الجيناتِ هي التي تُشَكِّلُ أجسامَنا وتُشَغِّلُها. وباسْتِثْناءِ التوأمَيْنِ الطِّبقِيَّيْن، فإنَّ جَميعاتِ الجينات تَتَبايَنُ قليلًا بينَ شَخْصٍ وآخر. والجيناتُ مُرَتَّبةٌ على زَوجٍ من الصِّبْغيَّاتِ المُتَناظِرة – صِبْغيَّةٍ من الأُمِّ وصِبْغيَّةٍ من الأب. فهنالك نُسْختان للجِينَةِ نَفْسِها على كُلِّ زَوْجٍ من الصِّبْغيَّاتِ المُتَناظِرة. مثلًا، الصِّبْغيَّةُ من الأُمِّ قد تَحْمِلُ جينَةً للعَيْنين البُنِّيَّتين، والصِّبْغيَّةُ من الأب قد تحمِلُ جينةً للعَيْنين الزَّرْقاوَيْن. في هذه الحال، يَغْلِبُ فِعْلُ الجينةِ البُنِّيَّةِ السَّائدة فيكونُ الوَلَدُ ذا عَينَيْن بُنِّيَّتَيْن. إنَّ مَشْروعَ الجِينومِ البَشَريّ، الذي يُنَفِّذُه العلماءُ حاليًا على نِطاقٍ عالميّ، (ويُقال إنَّهم نَفَّذوه) يَهْدِفُ إلى تَعْيينِ كُلِّ جينةٍ بَشَريَّةٍ وتحديدِ مَوضوعِ تحَكُّمِها.

الصِّبْغيَّات (الكروموسُومات)

تَحْوي الصِّبْغيَّاتُ آلافَ الجينات. والجيناتُ تَنْتَقِلُ من الوالدَيْن إلى نَسْلِهم. الانقِسامُ المُنَصِّفُ للخلايا في المَبيضَيْن والخُصْيَتَيْن يُنْتِجُ خلايا جِنْسيَّةً (بُيَيْضاتٍ وَنِطافًا)، تَحْوي 23 صِبْغيًّا فقَطْ. ثُمَّ عندَ الإخصابِ واتِّحادِ نُطْفةٍ مع بُيَيْضةٍ تكْتَمِلُ المجموعةُ الصِّبْغيَّةُ من 46 صِبْغيًّا. وهنالك زوجٌ واحدٌ من الصِّبْغيَّات - الصِّبْغيَّان الجنسيَّان - مُختلفٌ عن الـ 22 زوجًا من الصِّبْغيَّات الأُخرى، إذْ إنَّ الجيناتِ التي يَحْملانها ليسَتْ مَثيلةً في كلا الجِنْسَيْن. ففي الذُّكور، الصِّبْغيُّ (س) الأطولُ مَقْرونٌ مع الصِّبْغيِّ (ص) الأقصر. وفي الإناث، هنالك صِبْغيَّان جِنْسيَّان مُتَماثِلان (س س). فبتواجُدِ الصِّبْغيَّيْن (س ص) في الجَنين يَتأكَّدُ تكوُّنُ الأعضاءِ التناسُليَّةِ الذَّكريَّةِ فيه.

▼ صورةٌ صُغْريَّةٌ إلكترونيَّة تكشِفُ 8 من الـ 46 صِبْغيًّا داخِلَ نَواةِ خليَّةٍ بَشَريَّة. هذه الصورةُ أُخِذَتْ أثناءَ الانقِسامِ الفَتيليّ. وفي هذا النَّمَطِ من الانقِسامِ الخَلَويّ، تُصْبِحُ الصبغيَّاتُ أقْصَرَ وأَسْمَكَ بكثير.



أُنْظُر أيضًا

التَّناسُل ص 132
النموُّ والتطوُّر ص 134
البَكتِريا والفَيروسات ص 136

البَكْتِريا والفَيْروسات

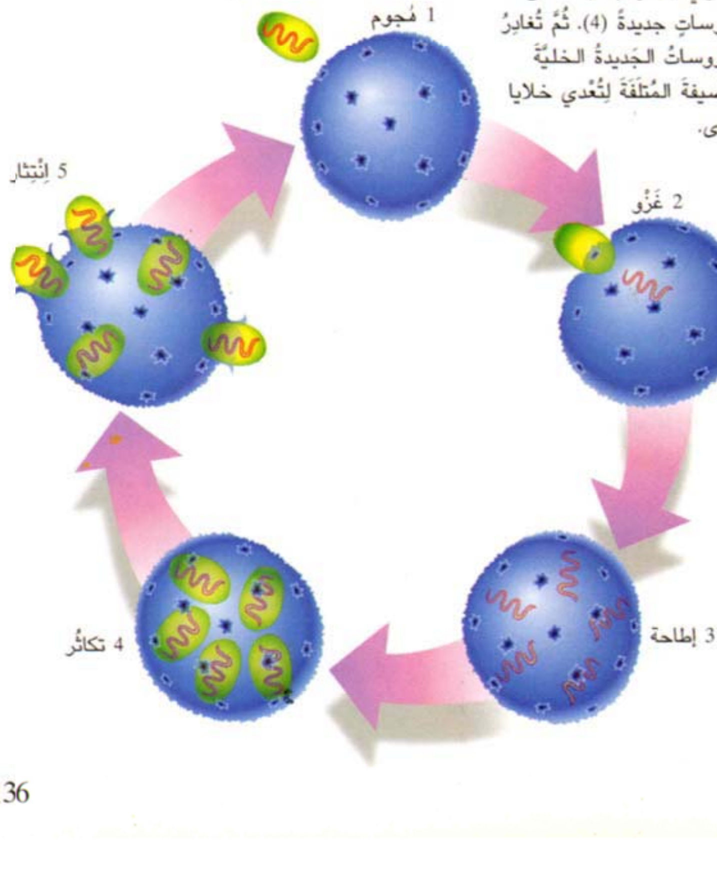
البَكْتِريا (الجَراثيم) مُتَعضِّياتٌ مِجْهريَّةٌ، بينما الفيروساتُ حُزَمٌ أو ضمائمُ كيماويَّة. بعضُ البَكْتِريا والفَيْروسات، المَعْروفةُ بالمُمْرِضاتِ، تُعْدي الجِسْمَ وتُمْرِضُه.



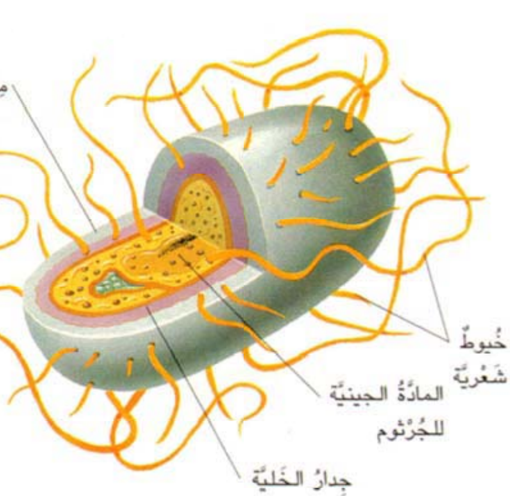
تَنْتَشِرُ الأمراضُ، كالزُّكام، من شَخصٍ إلى آخر عَبْرَ قُطَيْراتٍ دَقيقةٍ طافيَةٍ في الهواء. فإذا عَطسَ شَخْصٌ مُصابٌ بالزُّكام، تُقْذَفُ قُطَيْراتٌ مليئةٌ بالمُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ من انفه إلى الهواءِ بِسُرعةٍ فائقةٍ. وإذا اسْتَنْشَقَها آخرونَ فقد تَنْتَقِلُ العَدْوى إليهم.

البَكْتِريا مُتَعَضِّياتٌ مِجْهريَّةٌ أُحاديَّةُ الخَليَّة أبسَطُ كثيرًا من الخلايا التي تكوِّنُ النَّباتات والحيوانات. تَتواجَدُ البَكْتِريا في كُلِّ مكانٍ، وهي قادرةٌ على العَيْشِ في التُّرْبةِ والهواء، وحتى في أجهزتنا الهَضْميَّة. مُعْظَمُ البَكْتِريا كائناتٌ غيرُ مؤذيةٍ، لكِنَّ بعضَ أنواعها المَعْروفة بالمُمْرِضات ضارَّةٌ وتُسَبِّبُ الأمراض. تُقْسَمُ البَكْتِريا المُمْرِضةُ إلى ثلاثِ مَجْموعاتٍ بِحَسَبِ شَكْلها: المُكوَّراتُ الكُرَويَّةُ الشَّكْل تُسَبِّبُ التِهابَ الحَلْقِ والبُثورَ والخُراجاتِ وذاتَ الرِّئة؛ والعُصَيَّاتُ عَصَويَّةُ الشَّكْل وتُسَبِّبُ التيفوئيدَ والسَّلْمونيلّة. والحَلَزونيَّاتُ لَوْلَبيَّةُ الشَّكْل تُسَبِّبُ الحُمَّى الرَّاجعةَ والسِّفْلِس.

تَغْزو البَكْتِريا الجِسْمَ بطرائقَ مُتنوِّعةٍ: إمَّا في قُطَيْراتٍ تُستَنْشَقُ مع الهواءِ، أو عَبْرَ جُروحٍ في الجِلْد، أو ابتلاعًا في ماءٍ أو طعامٍ، أو عَبْرَ جهازِ التَّناسُلِ أثناءَ اتِّصالٍ جِنْسيّ. عند دُخولها الجِسْمَ، تَغْتذي البَكْتِريا وتتكاثرُ بالانقِسام الفَتيليّ وتُطْلِقُ ذِيفاناتٍ تُؤذي الخلايا البَشَريَّة. عادةً يَكْتشِفُ جهازُ المَناعة هذه البَكْتِريا ويَقْضي عليها. ويُمكِنُ أيضًا مُعالَجةُ العَدْوى بِجُرعاتٍ من المُضادَّاتِ الحَيَويَّة. كذلك يُمكِنُ اتِّقاءُ البَكْتِريا بالتَّحْصينِ ومُراعاةِ أُمورِ الصحَّة العامَّة كشُرْبِ الماءِ النقيِّ وتَنْظيفِ الجُروحِ بالمُطَهِّرات.



▼ يَتكاثَرُ الفَيْروسُ عن طريقِ الإلْتِصاقِ بخَليَّةٍ ما (1). وَحَقْنِ مادَّتِهِ الوِراثيَّة بداخلِها (2)، فتتدَخَّلُ هذه في عمليَّةِ الأيْضِ الخَلَويّ (3) وتجعَلُها تُخَلِّقُ فَيْروساتٍ جديدةً (4). ثُمَّ تُغادِرُ الفَيْروساتُ الجَديدةُ الخليَّةَ المُضيفةَ المُتلَفَةَ لِتُعْدي خلايا أُخرى.



البَكْتِريا خلايا بَسيطةٌ بدائيَّةُ النَّواة. وخِلافًا للخلايا المُعَقَّدة الحقيقيَّة النَّواة، فهي لا تحوي نواةً ولا عُضَيَّاتٍ أُخرى. ويُحيطُ بها جِدارٌ خَلَويّ ومِحْفظةٌ خارجيَّةٌ واقِيَة. الجرثومُ العَصويُّ أعلاه مُغَطًّى بخُيوطٍ دقيقةٍ شَعْريَّة تُسْتَخْدَمُ لتَعلُّقِ الجُرثوم بالغِذاء أو بخَلايا أُخرى.

الفَيْروسات (الحُمَات)

تُسَبِّبُ الفَيْروساتُ أمراضًا بَشَريَّةً كثيرة تَشْمَلُ الحَلأَ والزُّكامَ والحَصْبةَ والنُّكاف. وهي حُزَمٌ (ضَمائمُ) من الكيماويَّات – إمَّا د ن أ أو ر ن أ – مُحاطة بِغِلافٍ بروتينيّ. تَغْزو الفَيْروسات خلايا كائنٍ حيٍّ آخر لِتَسْتَخْدِمَ مُحتوياتِ خلاياه وتَسْتَنْسِخَ نفْسَها. وهي تُسبِّبُ المَرَضَ إمَّا بتَدْميرِ تلك الخلايا أو عَبْرَ اسْتِجابةِ جهازِ المَناعةِ لها، التي قد تؤدِّي إلى إعياءٍ وحُمَّى أو حتَّى إلى تَلَفٍ نَسيجيٍّ خَطير. ويتعامَلُ جهازُ المَناعةِ مع مُعْظَمِ الفَيْروسات دونَ تأثيراتٍ مَرَضيَّة. وبعضُ الأدواءِ، كالحَلأ، تَسْتطيعُ «التخَفِّي» داخلَ الجِسْم، ثُمَّ تَبْرزُ دوريًّا تاليًا مُسَبِّبةً نَوباتٍ إضافيَّة. بعضُ الأدواءِ الفَيْروسيَّة يُمكِنُ اتِّقاؤها بالتَّحْصين، لكِنَّ مُعْظَمَها عَصِيٌّ على المُعالَجةِ بالعقاقير. فالمُضادَّاتُ الحَيَويَّةُ لا تُجدي في مُعالَجتِها. وهناك مَرَضٌ فَيْروسيٌّ خطير يُهاجِمُ فَيْروسُهُ (فيروس العوز المَناعيّ البَشَريّ) جهازَ المَناعةِ البَشَريَّ ذاتَه، وبعدَ وقت يطولُ أو يَقْصُر، تَنْتَهِزُ هذه الفَيْروساتُ قُصورَ ذلك الجِسم عن حِمايةِ نَفْسِه فَتُصيبُه بِمُتَلازِمةِ نَقْصِ المَناعة المُكْتسَب (الإيدز). والمَعْروفُ أنَّه لا يَتوَفَّرُ حاليًّا عِلاجٌ ناجعٌ لِفَيْروسِ عَوزِ المَناعة البَشَريّ هذا، وإن توَفَّر فإنَّه باهظُ التكلفة.

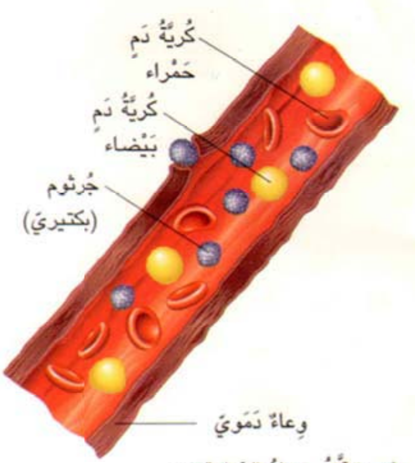
أُنْظُر أيضًا

جِهازُ المَناعة ص 137
المَرَض ص 138
تَلَوُّثُ الماء ص 452

جِهازُ المَناعة

الجِسْمُ البَشَرِيُّ مُهَدَّدٌ دومًا بالمُمْرِضات. وجهازُ المَناعة يُوَفِّرُ حمايةً قَهّارة ضِدَّ هذه المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ المُمْرِضَة.

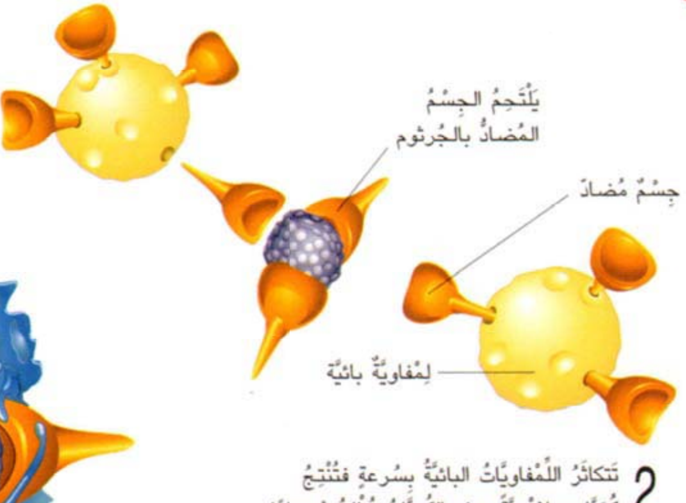
هنالك ثلاثُ سبُلٍ يُدافِعُ فيها الجِسْمُ عن نَفْسِه ضِدَّ المُمْرِضاتِ الغازِية. فالحواجزُ الطبيعيَّةُ تَشْمَلُ الجِلْدَ، واللُّعابَ والدُّموعَ التي تحوي أنزيماتٍ حالَّةً قاتلةً للبَكتِريا تُسَمَّى لَيْسُوزَايْم. أمَّا المُمْرِضاتُ التي تَعْبُر بوَسيلةٍ ما إلى الجِسم فتَغْتَمِرها كُرَيَّاتُ دَم بيضاء تُسَمَّى بَلْعميَّاتٍ، أو تُدَمَّرُ بخَلايا طبيعيَّةٍ قَتَّالة في الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّة، أو تستهدفُها بروتيناتٌ مُضادَّة للمِكْروبات. ثُمَّ هنالك خطُّ الدِّفاعِ الأقوى ضِدّ المُمْرِضات، وهو جِهازُ المَناعة.



1 يتألَّفُ جهازُ المَناعة من كُرَيَّاتِ دَم بَيْضاءَ دِفاعيَّةٍ تَتواجَدُ في الجُمْلةِ اللِّمْفاويَّةِ وفي الدَّم. كُرَيَّاتُ الدَّم البَيْضاءُ المُبَيَّنَةُ أعلاه تُسَمَّى لِمْفاويَّاتٍ بائيَّة. وهي تتعَرَّفُ المُسْتَضِدَّاتِ على سُطوحِ البكتِريا التي تَغْزو مَجْرى الدَّم.

الإستِجابَةُ المَناعيَّة

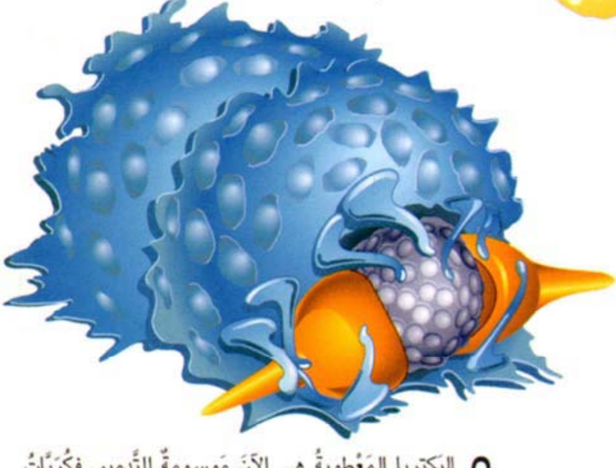
يتألَّفُ جهازُ المَناعة من خَلايا، تُسَمَّى اللِّمْفاويَّات، تتعَرَّفُ الكيماويَّاتِ المُستَضِدّةَ (مُثيرةَ مُوَلِّدات المضادّ) على سُطوحِ المُمْرِضات. فتُطْلِقُ اللِّمْفاويَّاتُ البائيَّةُ أجسامًا مُضادَّةً تَلْتَحِمُ بِمُستضِدَّاتٍ مُعَيَّنةٍ فتُعطِّلُ المُمْرِضاتِ وتَسِمُها للتَّدمير. وتَقومُ اللِّمْفاويَّاتُ التائيَّةُ بتَعرُّف المُمْرِضاتِ وتُدَمِّرُها مُباشرةً. أمَّا الكُرَيَّاتُ المُسْتذكِرةُ «فتَتَذَكَّرُ» المُستَضِدَّات وخَصائصَها. يَسْتَغرِقُ جهازُ المَناعة بِضعةَ أيَّامٍ حتَّى يَسْتجيبَ - في الإستِجابةِ الأوَّليَّة - إلى مُستَضِدٍّ جديد؛ بحيثُ قد يُصابُ الشخصُ بالمَرَض. لكنْ في المَرَّةِ التالية، تتذكَّرُ الكُرَيَّاتُ المُستَذكِرةُ تلك المُستضِدَّاتِ فتَستجيبُ لها سَريعًا بلِمفاويَّاتٍ بائيَّة وتائيَّةٍ تُدَمِّرُ الغازِيات. ويكونُ الشخصُ بذلك قد اكتَسَبَ المناعةَ ضِدَّ المَرَض.



2 تتكاثَرُ اللِّمْفاويَّاتُ البائيَّةُ بِسُرعةٍ فتُنْتِجُ كُرَيَّاتٍ بِلازْميَّةً. هذه الكُرَيَّاتُ تُطْلِقُ أجسامًا مُضادَّةً تُهاجِمُ البكتِريا الغازِيَة. الأجسامُ المُضادَّةُ تَلْتَحِمُ بالمُستَضِدَّاتِ وتُعطِبُ البَكتِريا.

التَّحْصين (التَّطْعيم)

التَّحْصين يُحَضِّرُ جهازَ المَناعة لِيَعْملَ سَريعًا ضِدَّ مُمْرِضاتٍ مُؤذيةٍ خاصَّة. فيُحْقَنُ الشخصُ بِلَقاحٍ (طُعْم) حاوٍ مُمْرِضاتٍ مُعَدَّلةً تَسْتَثيرُ جهازَ المَناعةِ لِيُنتِجَ أجسامًا مُضادَّةً دونَ التَسَبُّبِ بمَرَض. فإذا ما غزا المُمْرِضُ الحَقيقيُّ الجِسْمَ لاحِقًا، فإنَّ جهازَ المناعةِ يَسْتجيبُ لِمقاوَمته فورًا. لقد خَفَّضَ التَّحْصينُ الفعَّالُ الأمراضَ المُعْدِيةَ بشكلٍ مَلْحوظٍ على النِّطاقِ العالميّ. ففي عام 1979، مثلًا، تَمَّ بفَضْلِه استئصالُ داءِ الجُدَرِيِّ الخَطير.



3 البكتِريا المَعْطوبةُ هي الآنَ مَوسومةٌ للتَّدمير. فكُرَيَّاتُ الدَّم البَيْضاءُ البَلْعميَّةُ تَتقَصَّاها وتُدَمِّرُها. وبعضُ اللِّمْفاويَّاتِ، المُسَمَّاة الخلايا المُسْتَذْكِرة، تَسْتطيعُ تَذكُّرَ نَوْعِ الغازِياتِ فتُسَرِّعُ مُقاوَمَتَها في مرَّةٍ تالية.



الطبيبُ الإنكليزيُّ إدوارْد جِنَر (1749 - 1823) قام بالتَّطْعيم الأوَّل. فاستَخْدَمَ سائلًا من بَثْرةٍ تَسَبَّبَتْ من داءٍ غيرِ خَطِرٍ يُسَمَّى جُدَري البَقَر لِيُلَقِّحَ صَبيًّا ضِدَّ مَرَضٍ جُدَريٍّ خَطيرٍ ومُميت. وعندما تعرَّضَ الصبيُّ لِمَرَض الجُدَري الخَطير كانت مناعتُه ضِدَّه فعَّالة.



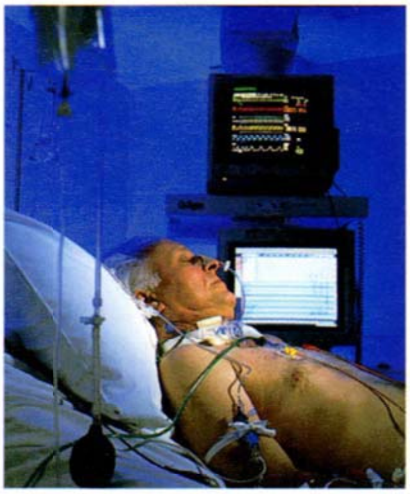
◄ كُرَيَّةُ دَم بَيْضاء بَلْعميَّة (مُكَبَّرة هنا 2340 مرَّةً) تَغْتَمِرُ كائنًا مُمْرِضًا من الأوالي (بالأزرق). هذا الكائنُ يُسَبِّبُ داءً مَداريًّا يُسَمَّى اللَّيْشمانيَّة تَنْجُمُ عنه تَقَرُّحاتٌ مُؤلمة. ويَنْتَشِرُ هذا الداءُ بين البَشَرِ بلَسَعاتِ ذُبابِ الرَّمْل المُصابةِ بهذا الكائنِ المُمْرِض.

أُنْظُر أيضًا

الدَّم ص 122
الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة ص 123
البَكتِريا والفَيْروسات ص 136
المَرَض ص 138

المَرَض

يَحْدُثُ المَرَضُ عندما يَحصُل خَللٌ في عَمل الجِسم الوَظيفيّ العاديّ. وقد يَتسبَّبُ هذا الخللُ من عواملَ خارجيّةٍ كالبَكتِريا، أو يتأتّى نتيجةً لاختِلالٍ داخليّ كالسَّرطان.



مَريضٌ في وَحْدةِ العِنايةِ الفائقة في مستشفًى حيثُ تُراقَبُ سرعةُ خَفَقان قَلْبِه وضغطُ دَمِه، ويُزَوَّدُ بالأُكسجين. وتُبَيِّنُ الشّاشةُ (إلى فوق) سُرعةَ خَفَقانِ قَلْبه (بالأَخْضر) وضَغْطَ دَمِه (بالأَحْمر والأزرق الفاتِح) ومُسْتَوياتِ الأُكسجين في دَمِه (بالأَزْرقِ الغامق) وسُرعةَ تنَفُّسِه (بالأَبْيض).

أَمراضٌ كثيرةٌ تكونُ قصيرةَ الأَجَل وتَبْرأُ بِنَفْسِها؛ وأُخرى أَشَدّ خُطورةً فتَتطَلَّبُ مُعالَجةً بالعَقاقير أو بالجِراحة. تنقَسِمُ الأَمراضُ إلى فِئتين: مُعْدِيَة وغيرِ مُعْدِيَة. الأمراضُ المُعْدِيَةُ تُسَبِّبُها مُتَعَضِّياتٌ تُدعى مُمْرِضاتٍ، بخاصَّةٍ البَكتِريا والفَيْروسات. وبعضُها تُسبِّبُه أَوالٍ أُحاديَّةُ الخليَّة - كالمَلاريا (البُرَداء) ومَرَضِ النَّوم؛ أو فُطورٌ، كسَعْفَةِ القَدَمَيْن؛ أو ديدانٌ طُفَيْليَّةٌ، كالشَّريطيّاتِ (الدِّيدان الرَّحيدة) التي تَعيشُ وتَغْتذي في المِعَى الدَّقيق.

المُمْرِضاتُ تَغْزو الجسمَ عَبْرَ سُبُلٍ مُتَنَوِّعةٍ تَشْمَلُ الفَمَ أو الأنفَ وَعَبْرَ الجُروح. وإذا لم يتصَدَّ لَها جهازُ المَناعة في الحال، فإنَّها تتكاثَرُ وتُهاجِمُ الأنسِجَةَ وتُسبِّبُ العَدْوى والأدواء. الأدواءُ، أمثالُ الزُّكام والحَصْبَة، التي تَنْتقِلُ بِسُهولةٍ من شخصٍ إلى آخرَ تُسَمَّى أدواءً مُعْدِيَةً أو سارِيَةً. وهي قد تتطوَّرُ إلى أوبِئةٍ تَطالُ كثيرًا من الناس في المَوقِع نَفْسِه. بعضُ الأمراضِ المُعْدِيَةِ، كمَرَض النَّوم، تَنْتقِلُ بواسطةِ حيواناتٍ أُخرى تُعرَفُ بِحامِلاتٍ أو ناقِلاتِ المَرَض.

الأمراضُ غيرُ المُعْدِيَة

الأمراضُ اللامُعْدِيَة هي السَّببُ الرئيسيُّ الأكثرُ تَسَبُّبًا بالوَفَيات في البُلدان النامية. فلا يُصابُ الناسُ بهذه الأمراض عن طريق العَدْوى، بَلْ تُسَبِّبُها تَعْليماتٌ مُحْتواةٌ في جيناتهم الوِراثيَّة، أو كيماويّاتٌ خَطِرةٌ في البيئة، أو أساليبُ حياتيَّةٌ كالتَّدخينِ أو الغِذاءِ المُفْتَقِرِ أو قِلَّةِ التَّمارين، أو تأثُّرِ بعضٍ أو كلِّ هذه العَوامل. الأمراضُ غيرُ المُعْدِيةِ الأكثرُ شيوعًا هي أمراضُ القَلْبِ والسَّرَطانات. وبعضُ الأمراضِ غير المُعْدِيةِ هي أمراضٌ مَوْرُوثة؛ وهذه تَشْمَلُ الأنيمْيا (فَقْر الدَّم) المِنْجليَّةَ الخلايا - حيثُ كُرَيّاتُ الدَّمِ الحمراء لا تعمَلُ كما يَنْبغي، وتلَيُّفَ البَنْكرياس الحَوْصَليّ - حيث تَتأثَّرُ بنتائجه عمليَّتا التَنَفُّس والهَضْم.



راسُ الشَّريطيَّة، دودةِ لَحْمِ البَقَر، التي يَبْلغُ طولُها قُرابةَ 10 أمتار، مُكَبَّرٌ 22 مرَّةً. الخطاطيفُ الماصَّةُ تَقْبِضُ جِدارَ المِعَى الدَّقيق؛ ويُصابُ البَشَرُ بهذه الديدان عن طريقِ تناوُلِهم لَحْمَ البَقَر النَّيء المُلَوَّث.

ذُبابُ تُسي تُسي الإفريقيّ يَغْتذي بالدَّمِ البَشَريّ بِغَرْزِ أجزاءِ فَمِه الأنبوبيَّةِ الماصَّةِ في الجِلْد. هذا الذُّبابُ يَنْقُلُ أيضًا طُفَيْليًّا من الأوالي يُسَبِّبُ مرضَ النَّوم. أثناءَ اَغْتِذاءِ الذُّبابة، تدخلُ الطُّفَيْليّاتُ إلى مَجرى دَم الشخص فتَغْزو الجُمْلَةَ اللِّمْفاويَّةَ والدِّماغ. يُعاني الشخصُ المُصابُ بهذا الدَّاء من الضَّياع والإرهاق حتّى ياتيَه الأجَل. تُشَخَّصُ العَدْوى عَبْرَ عَيِّناتٍ من الدَّم (أقصى اليَسار) ويُمكِنُ مُعالَجتُها بالعَقاقير.



تَستَخْدِمُ ذُبابةُ تُسي تُسي خُرطومًا ماصًّا تَقْضِمُ به عَبْرَ الجِلْدِ إلى وِعاءٍ دَمَويّ

اُنْظُر أيضًا

البَكتِريا والفَيْروسات ص 136
جِهازُ المَناعة ص 137
الطِّبّ ص 140 – 141

التَّمارينُ واللِّياقَةُ البَدَنيَّة

الجِسْمُ اللاَّئقُ بَدَنيًّا هو الجِسْمُ المُرَجَّحُ أنْ يكونَ وأنْ يَبْقى سَليمًا. تُكْتَسَبُ اللِّياقةُ البَدَنيَّةُ عَبْرَ التمارينِ المُنْتَظِمةِ في الهواءِ الطلق وتَخْفيضِ الإجهادِ وتَناوُلِ وَجَباتٍ مُتوازِنة.

اللِّياقةُ البَدَنيَّةُ هي قُدرةُ الشَّخص عَلى القيام بمدًى واسِعٍ من الأَنْشطةِ اليَوميَّةِ دونَ أيِّ إجهادٍ أو إرهاقٍ أو بَهْرٍ مُفرِط. إنَّ أساليبَ الحياةِ العَصْريَّة للأسف تَنْزِعُ إلى جَعْلِ النَّاس أقلَّ لِياقةً بَدَنيَّة. فبينما كانت الأنشطةُ اليوميَّةُ لأجدادِنا، كالصَّيْدِ والمَشْي، تحفَظُ لهُم لِياقَتهم البَدَنيَّة، فإنَّ البَشَرَ المُعاصِرين، باستِخْدامِهم الحافلاتِ والسيَّارات، دونَ المَشْي وإقلالِهم النَّشاطَ بتَمْضيةِ الساعاتِ جالِسينَ أمام التلفزيونات أو الحواسيب أصبحوا عُرضةً لمشاكلِ أساليبِ الحياة العَصْريَّة، كأمراضِ القَلْب. ولِحُسْنِ الحَظِّ، فإنَّه يُمكِنُ دومًا بالتمارين والأنشطةِ المُنْتظِمة تَحْسينُ اللِّياقةِ البَدَنيَّة والصِّحَّة. ومن بين الفوائدِ الأُخرى لهذه الأنشطة تَخْفيضُ مُستوى الدُّهون في الجِسم، وتَخْفيضُ الوَزْن - مِمّا يَجعَلُ القَلْبَ والرِّئتين أكثرَ فعاليَّةً، ويُحسِّنُ وَضْعةَ الجسم وتوَتُّرَ العَضَلاتِ، ويُقلِّلُ خطَرَ أمراضِ القَلْب، ويَحُدُّ من الإجهاد، ويُتيحُ للشَّخصِ نومًا أسْلَسَ وأَعْمق.



▲ مَدُّ العَضَلاتِ وبَسْطُها هو جُزْءٌ مُهِمٌّ من رُوتينِ التمرين - بخاصَّةٍ عندَ الاستراحة. هذه المرأةُ تَقومُ بسَنْدِ المُتمَرِّنِ وهو يَبْسُطُ عَضَلاتِ ذراعَيه وجانبَي جسمِه ورِجْلَيْه. إنَّ بَسْطَ العَضَلاتِ أو مَطَّها يَجْعَلُها هي والمَفاصِلَ أكثرَ مُرونةً، ويَزيدُ من مَدى حَرَكةِ الجِسم - إضافةً إلى مَنْعِ التيَبُّسِ العَضَليّ.



◄ خلالَ التمارينِ المُنْتظِمة في الهواءِ الطلق، تحتاجُ العَضَلاتُ إلى مَزيدٍ من الغلوكوز والأكسجين لتوفيرِ طاقةٍ إضافيَّة. فيَتسارَعُ نَبَضانُ القَلْبِ ليَضُخَّ مَزيدًا من الدَّم إلى العَضَلات. وتَزْدادُ سُرعةُ التنَفُّسِ لإيصالِ مَزيدٍ من الأكسجين إلى الدَّم. فيَتحَوَّلُ الدَّمُ عن أجزاءِ الجِسم الأُخرى، كمَنْظومةِ الهَضْم، نَحْوَ العَضَلاتِ القائمة بالعملِ المُجهِد. التمارينُ المُنْتَظِمةُ في الهواءِ الطلق تُحَسِّنُ اللِّياقةَ البَدَنيَّةَ بزيادةِ فعاليَّةِ القَلْب والرِّئتَيْن والعَضَلات.

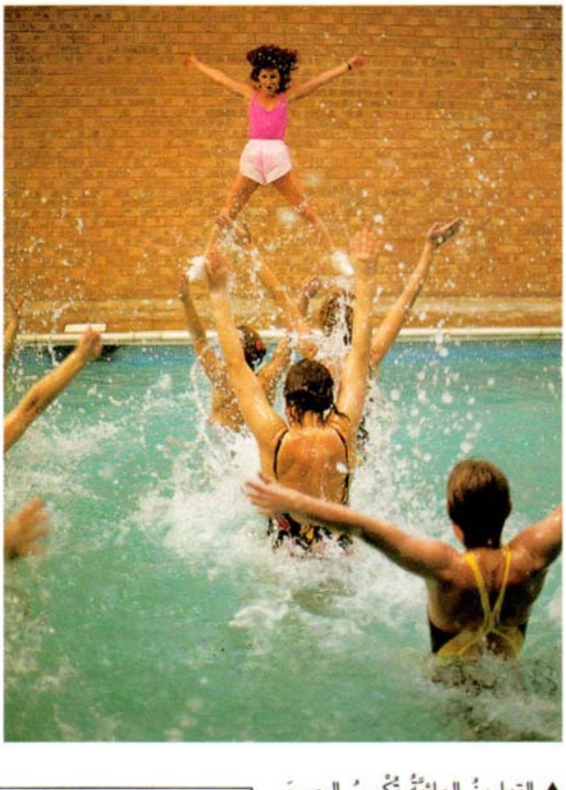
أنماطُ اللِّياقَةِ البَدَنية

التَّمارينُ تُحَسِّنُ اللِّياقَةَ البَدَنيَّةَ في مَجالاتٍ ثلاثة: قُدْرةِ الإحتِمال واللِّياقةِ العَضَليَّةِ والمَرُونيَّة. إنَّ قُدْرةَ الاحتِمال، أو الصُّمودَ القَلْبيَّ الوِعائيَّ، هي قُدْرةُ القَلْبِ والأوعيةِ الدمويَّةِ على توصيلِ الأُكسِجين بِفَعاليَّة إلى خَلايا الجِسْم. ويُمكِنُ تَحْسينُ هذه القُدْرة بالتمارين الرِّياضيَّة المُنْتظمة في الهواءِ الطلق، كالعَدْوِ ورُكوبِ الدرَّاجة.

اللِّياقةُ البَدَنيَّةُ تَشْمَلُ مَجالَيْن: القوَّةَ العَضَليَّة - التي تُنْتِجُها العَضَلةُ - والتي يُمكِنُ تَحْسينُها مثلًا، بالتدَرُّبِ على رَفْعِ الأثقال؛ والاحتِمالَ العَضَليَّ، وهو قُدْرةُ العَضَلةِ على الانقِباضِ تكرارًا في وقتٍ قصير، والتي يُمكِنُ تَحْسينُها مثلًا، بالعَدْوِ أو التزَلُّجِ مسافاتٍ طويلة.

المَرُونيَّةُ هي قُدْرةُ العَضَلاتِ على التمَدُّدِ، والمَفاصِلِ على التحَرُّكِ بحُرِّيَّةٍ دونَ مَشَقَّةٍ عَبْرَ مَدًى واسعٍ من الحَرَكات. إنَّ أنْشِطةً كاليُوغا والسِّباحةِ تُحَسِّنُ المَرُونيَّةَ.

والبَرْنامجُ المُنَوَّعُ من مُجملِ هذه التمارين يُحَسِّنُ مُختلِفَ أوجُه اللِّياقةِ البَدَنيَّة. ومن المُهِمِّ، قبْلَ مُمارسَة هذه التمارين، القيامُ ببعضِ التَّحْمِيَةِ لِتجَنُّبِ إلحاقِ الضَّرر بالعَضَلاتِ والأنسِجَةِ الأُخرى. كما إنَّ التهَدُّؤ والتَّراخي بعدَ التمرين - خاصَّةً بالمَدِّ وبَسْطِ العَضَلات، هو أيضًا مُهِمّ.



▲ التمارينُ المائيَّةُ تُكْسِبُ الجسمَ الفوائدَ نَفْسَها كالتمارين في الخلاء والهواءِ الطلق، لكِنَّها تُخفِّضُ الثقلَ والانفِعالَ على الرُّكْبَتَيْن لأنَّ الماءَ يَدفَعُ الجسمَ المَغمورَ فيه إلى أعلى.

أنْظُر ايضًا

القَلْبُ والدَّورةُ الدَّمويّة ص 120 - 121

الرِّئتان والتنَفُّس ص 124 - 125

الطِّبّ

الطِّبُّ عِلمٌ يدرسُ الأمراضَ البَشَريَّةَ ومُعالجتَها والوِقايةَ منها. والطِّبُّ المُعاصِرُ يُمَكِّنُ الناسَ من العيشِ أعمارًا أطولَ وَبِصِحَّةٍ أفضَلَ.



يَجْري حَقْنُ هذا الطِّفل باللِّقاح الثلاثيّ (د ش ك – DPT) الذي يُحَصِّنُه (أي يكسِبُه مناعةً) ضِدَّ أمراض الدفتيريا والشّاهوق (السُّعال الدِّيكي) والكُزاز.



عقاقيرُ شَرابيَّةٌ سائلةٌ يَسْهُل بَلْعُها.



الكَبْسولاتُ والقُرَيصاتُ أيضًا طرائقُ شائعةٌ كعقاقيرَ سَهْلَةِ التناوُل.



يُمكِنُ حَقْنُ العقاقيرِ في مَجرى الدَّم أو تحت الجِلْد بواسطةِ الزرّاقات (المَحاقن).



المُستَنْشَقاتُ وقَطَراتُ العَيْن تُوصِلُ العَقاقيرَ إلى المناطق المُسْتَهدَفة.

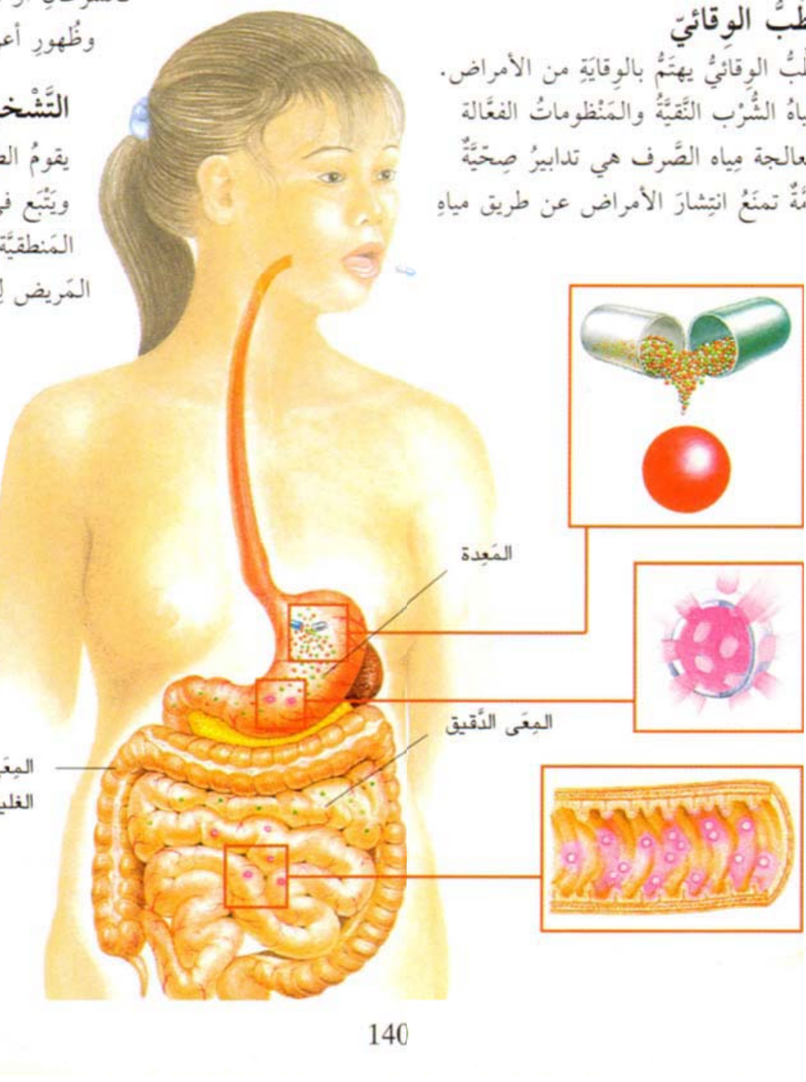
يَتعامَلُ الطِّبُّ مع مُختلِف نواحي الأمراض – بِما فيه أسبابُها وتَوَقِّيها ومُعالَجَتُها. والمعروف أنَّ إمكانيَّةَ مُداواةِ الأمراض والتحكُّمَ بها بشكلٍ فعّال لم تتحقَّقْ إلَّا في القَرْنِ العِشْرين. فلِلْمَرَّةِ الأولى في التاريخ البَشَريّ تواجَدَ أطبّاءُ، ومُمَرِّضون، رجالًا ونساءً، جَيِّدو التدريب وذَوو كفاءاتٍ عالية. كما صارَ في المُتناوَل مدًى واسِعٌ من العَقاقير، كالمُضادّات الحيَوِيَّة المُبيدةِ للبكتِريا، وإمكاناتُ التَّحصين المَناعيّ الذي قضى على الكثيرِ من أمراض الطُّفولة كالتهابِ سِنْحابِيَّةِ الدِّماغ (شَلَلِ الأطفال). وتيَسَّرَ للأطبّاءِ سبُلٌ جديدةٌ دقيقة لتَشْخيصِ عِلَلِ مَرضاهم. وصارت العمليّاتُ الجِراحيَّةُ مأمونةً مُيَسَّرةً ومَوفورةَ النجاح بفَضْلِ إجرائها في ظروفٍ بالِغةِ النظافة وجَوٍّ خالٍ من مُختلِف أنواع الجراثيم، وباستِخْدامِ أدواتٍ مُعَقَّمةٍ وتَخْديرٍ (تَبْنيج) فعّال يُعطِّلُ الإحساسَ بالألَم. كما طُوِّرَ الكثيرُ من الأساليبِ الجِراحيَّةِ الجَديدة، كنَقْلِ الغرائسِ بَديلَةً لِعُضْوٍ مَعْطوب.

الطِّبُّ الوِقائيّ

الطِّبُّ الوِقائيُّ يهتَمُّ بالوِقايَةِ من الأمراض. فمِياهُ الشُّرْب النَّقِيَّةُ والمَنْظوماتُ الفعّالة لِمُعالجة مِياه الصَّرف هي تدابيرُ صِحِّيَّةٌ عامَّةٌ تمنَعُ انتِشارَ الأمراضِ عن طريق مياهِ الشُّرْب. كما إنَّ التربيةَ الصِّحيَّةَ السليمةَ تُوَعّي الناسَ لِلْمَخاطر الصِّحِّيَّةِ للتَّدْخين أو الإفراط في تناوُل الكُحول، وتزكّي لهُم فوائدَ التمارين الرياضيَّة المُنتظِمة والأغذيةِ المُتوازنة. التَّحْصينُ يَقي الأطفالَ من الأمراض الخَطيرة. وبرامجُ الفَحْص العموميَّةُ تكشِفُ الأمراضَ الكامنةَ الخَطيرة كالسَّرَطانِ أو ارتفاع ضغط الدَّم قبْلَ استِفحالِها وظُهورِ أعراضِها.

التَّشْخيصُ والمُعالَجة

يقومُ الطبيبُ بتَشْخيص عِلَّةِ المَريض. ويَتْبَع في ذلك سِلْسلةً من الخُطواتِ المَنطقيَّة. فيُصغي أوَّلًا إلى وَصفِ المَريض لِتلك الأعراض ومَشاعِره حولَ ما



يَنْبغي أحيانًا إطلاقُ العَقاقيرِ ببُطْءٍ في مَجرى الدَّم. المَحافِظُ (الكَبْسولات) البطيئةُ الإطلاق تَحوي مئاتِ الحُبَيْباتِ الدَّقيقة، حاويةَ العَقّار، مُرَمَّزةً لونيًّا بحسَبِ سماكةِ أغلفتِها الخارجيَّة، فالحُبَيْباتُ الرَّقيقةُ الأغْلفةِ تُطلِقُ مُحْتوياتِها في المَعِدة بُعَيْدَ بَلْعِها؛ والحُبَيْباتُ السَّميكةُ الأغْلفة تُطلِقُ العَقّارَ لاحِقًا في المِعَى الدَّقيق.

1 في غُضونِ ساعةٍ من البَلْع، تُذيبُ الأنزيماتُ الهاضِمةُ في المَعِدة المِحْفظةَ الخارجيَّةَ فتَنطَلِقُ حُبَيْباتُها المُرَمَّزة لونيًّا.

2 الحُبَيْباتُ ذاتُ الغلافِ الخارجيّ الأرَقّ تَذوبُ في المَعِدة، ويُمْتَصُّ مُحْتَواها من الدَّواء عَبْرَ جدران المَعِدة إلى مَجرى الدَّم.

3 بعْدَ البَلْعِ ببِضْعِ ساعاتٍ، تكونُ الأنزيماتُ قد طاولت الحُبَيْباتِ ذات الغلافِ الأَسْمك. فيُمْتَصُّ مُحْتَواها عَبْرَ جدرانِ المِعَى الدَّقيق ومنها إلى مَجرى الدَّم.



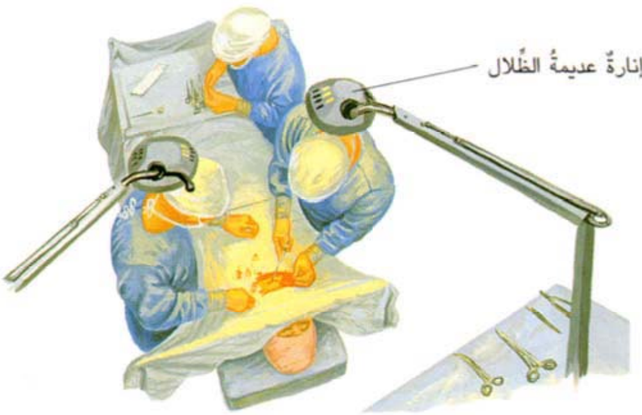
فيها من خَلَل. ثُمَّ يُحاول الطبيبُ بأسئلته تقَصِّي المَزيدِ عن تلك الأعراض وتاريخ بدءِ الشعورِ بها وعمّا إذا كان المريضُ قد شعرَ بمثل هذه الأعراض سابقًا. ويقومُ الطبيبُ تاليًا، بفَحْصِ المَريض بَحثًا عن علاماتٍ تُعَرِّفُ بالمَرض. وقد يَشْمَلُ ذلك الضغطَ على الجُزْءِ المُصاب من الجِسم أو استِخْدامَ أدواتٍ خاصَّةٍ كالسَّمّاعةِ يتَسَمَّعُ بواسطتِها نَمطَ ضَرباتِ القَلْب وصوتَ الشَّهيقِ والزَّفيرِ إلى ومنَ الرِّئتين، أو يَقيسُ الضغطَ بمِقياس ضغطِ الدَّم، أو يَتفَحَّصُ دواخلَ العَيْن بالمِعيانِ المِجْهَرِيّ. وقد يتمَكَّنُ الطبيبُ من تَشْخيصِ العِلَّة رأسًا أو قد يَحتاجُ إلى مَعْلوماتٍ إضافيَّة - فيطلبُ من المريض، مثلًا، كشُوفًا مِخْبَرِيَّةً بتحاليل الدَّمِ أو البَوْل أو صُوَرًا جسمانيَّةً بالأشِعَّة السينيَّة أو تفريساتِ مَسحٍ بالتصوير المَقْطعيِّ الحاسوبيّ (ت م ح) لِمَوقعِ الخَلل.

فإذا استطاعَ الطبيبُ تَشْخيصَ المَرض، تتِمُّ المُعالَجةُ دون تأخيرٍ كما هي الحالُ غالبًا. أمّا إن ظَلَّتْ تُساورُه شُكوكٌ أو اعتَبرَ أنَّ المرضَ خَطيرٌ ويتَجاوزُ اختِصاصاتِه فإنَّه حينئذٍ يُحيلُ المَريضَ إلى طبيبٍ اختِصاصيّ. مُعالجةُ المرضِ غالبًا ما تتطَلَّبُ استِخْدامَ العَقاقير، وهي كيماويَّاتٌ تَعمَلُ على تعديل عملِ الجسمِ للتخَلُّصِ من أسبابِ المَرض. وقد تتَطَلَّبُ أنماطٌ أُخرى من المُعالجة راحةً في الفِراش، أو مُعالجةً فيزيائيَّةً تُساعِدُ في الشِّفاءِ من إصاباتٍ عَضَليَّةٍ أو عَظْميَّة، أو مُعالجةً بالأشِعَّةِ لِتدمير الأورام، أو تدابيرَ نَزْعٍ أو رأبٍ جِراحيَّة.

طِباباتٌ بَديلة

كثيرٌ من الطِّبابات البَديلة أصبحَ مَقْبولًا لدى الطِّبِّ التَّقْليديّ. فبعضُ هذه الطِّبابات، كالوَخْزِ الإبْرِيِّ وطِبِّ الأعشاب، له أُصولٌ قديمةٌ، وبعضُها الآخَرُ، كتقويم العِظام والمُداواةِ المِثْلِيَّة، هو أكثَرُ حداثةً.

الطِّباباتُ البَديلةُ تُعْنَى بِمُعالجة الشخص كمَجْموعٍ وليسَ كأعراضٍ فرديَّةٍ مُستقِلَّةٍ فيه. فالوَخْزُ الإبْرِيُّ يَستَخْدِمُ إبَرًا دقيقةً لاستِعادة الجِسم الصِّحَّة والعافية؛ وطِبُّ الأعشابِ يَستَخْدِمُ خلاصاتٍ نباتيَّةً تقليديَّةً لمُداواة الشَّخص كُكُلّ. واليُوغا تَنْطوي على التأمُّل وتَصْحيح وَضْعةِ الجِسم لِتَفْريجِ الكَربِ وتَحْسينِ المَرُونيَّة. أمّا تَقْويمُ العِظام وعلاقاتِها بالأعصاب والأوعية الدمويَّة في الجِسم فتَتِمُّ بمَهارةِ المُداولةِ والتدليك باليَدَيْن. وفي المُعالَجة المِثْليَّةِ يُعالَجُ الدَّاءُ بعَقاقيرَ تُنْتِجُ الأعراضَ نَفْسَها كأعراضِ الدَّاءِ ذاتِه.



◄ يَستَخْدِمُ الأطبَّاءُ مُعَدَّاتٍ مُختلِفةً لِتَقَصّي علاماتِ المَرض ودِقَّةِ التشخيص. هنا الطبيبُ يَستَخْدِمُ مِعيانًا (منظارَ العَيْن) لفَحص عَيْن امرأة. وقد تكشِفُ الآلةُ مشاكِلَ إبصاريَّةً، أو تُظهِرُ أوعيةَ العَيْن الدمويَّةَ خَللًا يَنِمُّ عن وُجودِ مشاكلَ في سَرَيان الدَّم فيها.

في عمليَّةٍ جِراحيَّةٍ نَمُوذجيَّة، يَستَخْدِمُ الأطبَّاءُ أدواتٍ لِفَتْح جِسم المَريض بهدف تشخيصِ المَرض أو مُعالَجتِه. فيستَلْقي المريضُ على طاولةٍ مُجَهَّزةٍ بكامل اللَّوازم في غُرفةِ العمليَّات. ويَرتدي الأطبَّاءُ أقنِعةً وأرْديةً مُعَقَّمةً لِتَجَنُّبِ نَقْلِ أو انتِقال أيِّ عَدوَى أثناء العمليَّة. هذا المريضُ بُنِّجَ تَبْنيجًا عامًّا يُفقِده الوَعْيَ تمامًا فلا يَشْعُر بالألَم.



اِخْتِصاصيَّةُ الوَخْز الإبْرِيّ تَغْرِزُ إبَرًا خاصَّةً في جِلْدِ الأُذُن والجَبْهة لِمُعالجة مَريضَةٍ من الصُّداع والتِهاب الجيوب الأنفيَّة. ووَفْقًا لِمبادئِ الطِّبِّ الصِّينيّ، فإنَّ الأوجاعَ والأمراضَ سبَبُها انعِدامُ التوازُنِ الطاقيّ داخلَ الجِسم. فتُغْرَزُ الإبرُ في نِقاطٍ مُعَيَّنةٍ على امْتِدادِ قنَواتٍ طاقيَّةٍ غيرِ مَنْظورةٍ، تُسَمَّى الزَّواليَّات، فتُزيلُ مُعيقاتِ انْدفاق الطاقة الحيَويَّة (كاي بالصينيَّة)، وتُعيدُ تدفُّقَ الطاقةِ العاديَّ ومعه الصِّحَّةَ الجَيِّدة.

اُنْظُر أيضًا

جهازُ المَناعة ص 137
المَرَض ص 137
التمارين واللِّياقة البَدَنيَّة ص 139
التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 - 143

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة

الطِّبُّ الحديثُ مَدينٌ كثيرًا لِتقدُّم التِّقانيَّاتِ في القَرْنِ العِشْرين. فالتِّقنيَاتُ الجديدةُ يَسَّرتْ للأطبَّاء تَشْخيصَ الأَمراض ومُعالَجتَها بفعاليَّةٍ أكثرَ.



وِلْهِلم رُونْتجِن (1845 – 1923) اكتشفَ الأشِعَّةَ السِّينيَّة أو اشِعَّةَ إكس. هذه الأشِعَّةُ تُبْرِزُ أجزاءَ الجِسمِ الصَّلْدَةَ التي لا تخترقُها الأشِعَّةُ بسُهولةٍ – كالعِظام؛ وبها تمَكَّنَ الأطبَّاءُ، للمَرَّةِ الأولى، من مُعاينةِ دواخلِ الجِسم الحَيِّ دونَ شَقِّه.

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّةُ تُتيحُ للأطبَّاء اليومَ مُعالجةَ الأمراض وإجراءَ العمليَّاتِ الجِراحيَّةِ المُعَقَّدةِ في ظرُوفٍ أكثرَ أمانًا. فبفَضْلِ تِقاناتِ التصويرِ الحديثةِ يحصُل الأطبَّاءُ على صُورٍ إلكترونيَّةٍ واضحةِ المَعالِم لِدَواخلِ الجسم تُمَكِّنُهم من تَعرُّفِ المشكلاتِ وتحديدِها بدِقَّةٍ بالغة. وبالتَّنظيرِ الداخليِّ يَسْتطيعُ الأطبَّاءُ فَحْصَ دَواخلِ الجسمِ مُباشَرةً عَبْرَ أُنبوبِ الناظورِ للكَشْفِ عن مَكانِ وطبيعَةِ الخَلل.

بالتصويرِ والتَّنظيرِ الداخليَّيْن صارَ بِمَقدورِ الأطبَّاءِ إجراءُ عمليَّاتٍ جِراحيَّةٍ داخلَ الجِسمِ عَبْرَ شَقٍّ صغيرٍ ضيِّق – مِمَّا يخَفِّضُ تلَفَ الأنسِجَةِ إلى الحَدِّ الأدنى ويُقَصِّرُ مُدَّةَ شِفاءِ المريضِ واندِمالِ الجُرح. فاستِخْدامُ اللَّيازِرِ، كالمِبْضعِ اللِّيزريِّ، لِلقطعِ عَبْرَ الأنسِجَةِ وإزالةِ النوامي الوَرَميَّةِ ورَتْقِ الأوعيةِ الدمويَّةِ هي أشدُّ وأنجَعُ فعاليَّةً بكثيرٍ من الأساليبِ الجِراحيَّةِ العاديَّة.

كذلك أصبحت الحواسيبُ اليومَ جُزْءًا مُهِمًّا من التِّقانيَّاتِ الطِّبِّيَّة. فهي تُستَخْدَمُ في تَفريساتِ المَسح لتَوليدِ الصُّورِ وتَخْزينِها وإرسالِها إلى حَيث تُطلَب. ومَنْظوماتُ الواقعِ الإفتِراضيِّ تُساعِدُ في تدريبِ الأطبَّاءِ على التِّقانيَّاتِ الجِراحيَّةِ دونَ الحاجةِ إلى مَسِّ أيِّ مَريض.



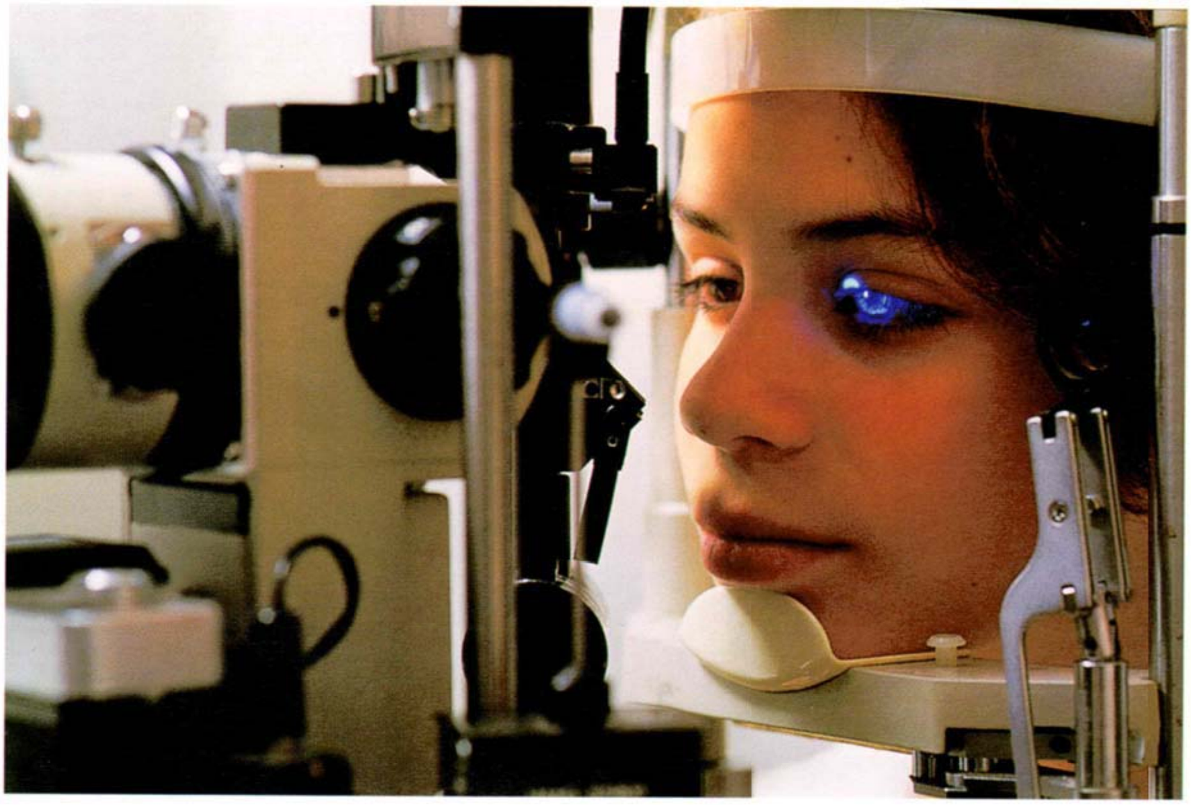
يُعاينُ الأطبَّاءُ دواخلَ الجِسم بواسطةِ مِنْظارٍ داخليٍّ لتَشْخيصِ عِلَّةٍ أو تَنْفيذِ مُعالَجة. هنا يُولِجُ الأطبَّاءُ مِنْظارًا داخليًّا عَبْرَ الفَم لِفَحْصِ مَعِدةِ المَريض. ويَجري إسقاطُ المَنْظرِ الداخليِّ على الشَّاشة.

التَّنْظيرُ الداخليّ

يَستَخْدِمُ الأطباءُ مَناظيرَ داخليَّةً لِمُعايَنة دَواخلِ الجِسم بهدف تَشْخيصِ الأدواءِ أو مُعالجتِها. المَناظيرُ الحديثةُ ضَيِّقةٌ مَرونةٌ (قابلةٌ للثني) يُمكِنُ إيلاجُها عَبْرَ فُتُحاتِ الجِسم إلى أجهزةِ الهَضْم أو التَنَفُّس أو إلى المَنْظومة البَوْليَّة أو التناسُليَّة، أو عَبْرَ شُقوقٍ في الجِلْد إلى تجاويفِ الجِسم. وهي تَستَخْدِمُ أليافًا بَصَريَّةً رفيعةً طويلةً لإنارةِ الصُّور ونَقْلِها إلى مِرْقبٍ ڤيديُويٍّ يُشاهِدُه الطبيبُ ومُساعدوه أثناءَ قيامِه بالفَحْص. وقد يَضُمُّ المِنْظارُ الداخليُّ أدواتٍ كملقطٍ دقيقٍ مثلًا، لِاستِئصال خِزْعةٍ (كعَيِّنةٍ نَسيجيَّة) للفَحْصِ أو التشخيصِ المِجْهَريّ.



هذه الصُّورةُ الشُّعاعيَّةُ (بالأشِعَّةِ السِّينيَّة) تُبَيِّنُ مَفْصِلًا وَركيًّا صُنْعيًّا. فيما مضَى، كان اعتِلالُ المَفْصِلِ الوَرِكيِّ يُقْعِدُ المُصاب فلا يَسْتطيعُ المَشْيَ. حاليًّا، يُمكِنُ نَزْعُ هذا المَفْصِلِ لِيُبَدَّلَ به مَفصِلٌ اصطِناعيٌّ بديلٌ مَصنوعٌ من الفُولاذ اللَّاصَدُوءِ واللَّدائن.

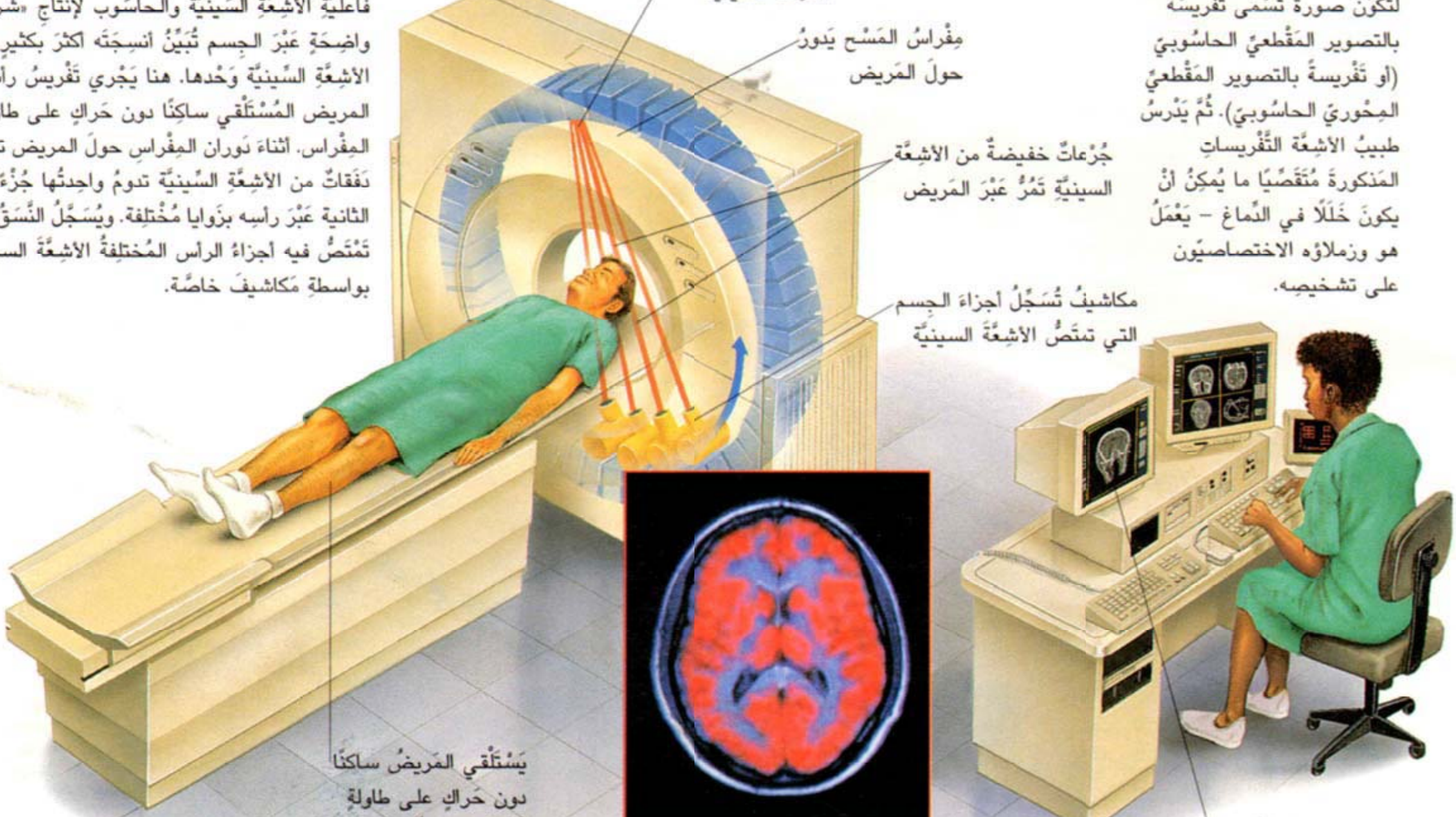


◄ تُنْتِجُ اللَّيازِرُ حُزْمةً مُرَكَّزةً من أشِعَّةِ الضَّوء. وهي مُتَعدِّدةُ الاستِخْدامات – بما فيها بَضْعُ الأنسجةِ وتدميرُ النوامي الوَرَميَّة. هنا يُصَوِّبُ الطبيبُ لِيزرًا إلى داخلِ عينِ المَريضة مُستَخْدِمًا كاميرا تصويرِ الشبكيَّة. وتُسَدَّدُ الحُزْمةُ اللِّيزريَّةُ في سِلْسلةٍ من الدَّفقاتِ القَصيرة؛ وفي جِراحةِ العَيْن، يُمكِنُ استِخْدامُها في رَتْقِ شَبكيَّةٍ مُنْفصِلةٍ أو سَدِّ أوعيةٍ دَمويَّةٍ لِوَقْفِ النَّزْف.

▼ تُعالِجُ المَعْلوماتُ التي تَجْمَعُها المكاشيفُ حاسوبيًّا لتُكوِّنَ صورةً تُسَمَّى تَفْريسَةَ بالتصوير المَقْطعيّ الحاسُوبيّ (أو تَفْريسةَ بالتصوير المَقْطعيّ المِحْوَريّ الحاسُوبيّ). ثُمَّ يَدْرسُ طبيبُ الأشِعَّةِ التَّفْريساتِ المَذكورةَ مُتَقَصِّيًا ما يُمكِنُ أنْ يكونَ خَلَلًا في الدِّماغ – يَعْمَلُ هو وزملاؤه الاختصاصيّون على تشخيصِه.

تَنْظيرُ دَواخل الجِسم

مِفْراسُ المَسْح بالتصوير المَقْطعيّ الحاسُوبيّ يَجْمَعُ بين فاعليَّةِ الأشِعَّةِ السِّينيَّة والحاسُوب لإنتاجِ «شرائحَ» واضِحَةٍ عَبْرَ الجِسم تُبَيِّنُ أنسِجَتَه أكثرَ بكثيرٍ من الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ وَحْدها. هنا يَجْري تَفْريسُ رأسِ المريض المُسْتَلْقي ساكِنًا دون حَراكٍ على طاولةِ المِفْراس. أثناءَ دَوران المِفْراسِ حولَ المريض تتوالى دَفَقاتٌ من الأشِعَّةِ السِّينيَّة تدومُ واحِدتُها جُزْءًا من الثانية عَبْرَ رأسِه بزَوايا مُخْتلِفة. ويُسَجِّلُ النَّسَقُ الذي تَمْتَصُّ فيه أجزاءُ الرأس المُختلِفةُ الأشِعَّةَ السينيَّةَ بواسطةِ مَكاشيفَ خاصَّة.



هذه الصورةُ تُبَيِّنُ مَقْطعًا عُلويًّا من الدِّماغ. مُقَدَّمُ الدِّماغ مُتَّجِهٌ نحوَ أعلى الصَّفحة

تَصويرُ الجِسْم

تقانيَّاتُ التصوير الحديثةُ تُمَكِّنُ الأطبَّاءَ من مُشاهدةِ دواخلِ الجِسم لإجراءِ التَّشخيصاتِ والقيامِ بالمُعالَجةِ دونَ اللُّجوءِ إلى شَقِّ الجِسم. رائدُ هذا التصوير هو وِلْهلم رونتْجن مُكتشِفُ الأشِعَّةِ السِّينيَّة – عام 1895. وقد ظَلَّ هذا الأسلوبُ هو الوحيدَ المُعتمَدَ لِتصوير دواخل الجِسم حتَّى عَقْدِ السبعينيَّات من القَرْن العِشْرين. ومنذئذٍ طُوِّرتْ أجيالٌ جديدةٌ من التِّقنيَّات التي تعمَلُ بطرائقَ مُختلِفة، لكنَّها كُلَّها تَفَرَّسُ المِنْطقةَ المُعيَّنةَ من الجِسم قِطعةً قِطعةً وتستَخْدِمُ الحاسُوبَ لِتوليفِ صُورٍ مُجَسَّمةٍ منها ثُنائيَّةٍ أو ثُلاثيَّةِ الأبعاد.

التصويرُ بالأمواجِ فوق الصوتيَّة هو الأعَمُّ بين هذه التِّقانات الحديثة. فهو يَسْتَخْدِمُ أمواجًا صوتيَّةً غير مَسْموعةٍ عاليةَ التَّرَدُّد تُعْكَسُ من أجزاءِ الجِسْم. وهذه الطريقةُ مأمونةٌ لِمُراقبةِ الأجِنَّةِ ومُعاينةِ الأجزاءِ المُتحرِّكة داخلَ الجِسم – كسَرَيانِ الدَّم عَبْرَ القَلْب.

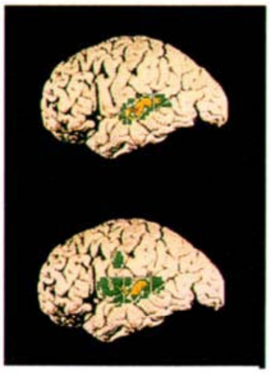
التَّفْريسُ المَقْطعيُّ الحاسُوبيُّ يَسْتَخْدِمُ الأشِعَّةَ السِّينيَّةَ. أمَّا تَفْريسُ التصوير المَقْطعيّ بابتِعاث البوزِتْرونات فيَسْتَخْدِمُ موادَّ مُشِعَّةً تُحْقَنُ في الجِسْم فتَبْتَعِثُ أشِعَّةً تكشِفُ الأجزاءَ ذاتَ الخلايا النَّاشِطة.

أجزاءُ استِبْدال

حاليًّا، يُمكِنُ استِبْدالُ كثيرٍ من الأجزاءِ الجُسْمانيَّةِ المُعَطَّلةِ أو المَعْطوبة. وأقدمُ هذه المُستَبْدَلات كانت البِدْلاتِ الاصْطناعيَّةَ كالأرْجُل الخَشَبيَّة. البِدْلاتُ الحَديثةُ، كالأذْرعِ اللدائنيَّةِ ذاتِ الأصابعِ المُتحرِّكة، هي أكثرُ شَبَهًا بالأذْرعِ الحَيَّة. واستِبْدالُ الأجزاءِ الداخليَّة هو تطَوُّرٌ قريبُ العَهْد نِسْبيًّا.

في عَمليَّاتِ الغَرْس (أو الإغتراس) يُؤخَذُ عُضْوٌ حَيٌّ من المانِح ويُغْرَسُ في المَريض؛ كما في غرائس الكُلَى، التي تُجْرَى لِمُعالَجةِ المُصابين بقُصورٍ كُلْويّ. والمعروفُ أنَّ جهازَ المَناعةِ في الجِسْم يَعتبِرُ الأعضاءَ المَغْروسةَ «أجسامًا غريبةً» فيُحاوِلُ رَفْضَها. لِذا يتوجَّبُ على مُتلَقِّي الغَريسةِ تَناولُ عقاقيرَ تَمْنَع رَفْضَ الغَريسَة بتَخْفيضِ فعاليَّة جهازِ المَناعة.

الغِرساتُ الصُّنْعيَّةُ هي بدائلُ داخليَّةٌ اصْطِناعيَّةٌ لا يَرْفُضها جِهازُ المَناعة. وهي تَشْمَلُ المَفاصِلَ الاصطناعيَّةَ التي تُسْتَبْدَلُ بالمَفاصِلِ العَليلة، وناظِماتِ النَّبْض التي تُنَظِّمُ سُرعةَ خَفَقان القَلْب.



تَفْريسةُ التصوير المَقطعيّ بابتِعاث البوزِتْرونات هذه تُبَيِّنُ باحتَيْن بدماغيَّتَيْن أثناءَ العَمَل. التفريسَةُ العُليا تُبَيِّنُ شَخْصًا يُصْغي إلى كَلِمات – أي إنَّ باحةَ السَّمْع في الدِّماغ (بالأصْفر) هي قيدُ العَمَل. في الصورة السُّفلى الشَّخْصُ يُصْغي إلى كَلِماتٍ ويُرَدِّدُها: هنا تنشَطُ باحَتا السَّمْع والنُّطْق (بالأخضر).

أُنْظُر أيضًا

الطِّبّ ص 140 – 141
الإنْعكاس والإمتصاص ص 262 – 263
الحواسيب ص 376 – 377

حَقائقُ وأَرقام

فروعُ عِلمِ الأحياء والطِّبِّ البَشَريَّيْن

عُلَماءُ التَّشريح يدرسونَ بنيةَ الجِسم وكيفيَّةَ تلاؤُق أجزائه معًا.

علماءُ الكيمياء الحيَويَّة يدرسون العمليَّاتِ الكيماويَّةَ التي تَجْري في خلايا الجِسم وحواليها.

أطبَّاءُ القَلْب يدرسون القلبَ والأوعيةَ الدمويَّةَ والأمراضَ التي تُصيبُها.

علماءُ الخلايا يدرسون الخلايا.

أطبَّاءُ الجِلْد يدرسون الجِلْدَ واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الغُدد الصمَّاء يدرسونَ المَنظوماتِ الهُرْمونيَّةَ واضْطراباتِها.

علماءُ الأوبِئة يدرسون أسبابَ الأمراض وانْتشارَها بين السُّكّان.

علماءُ الوِراثة يدرسون د ن أ والصِّبْغيَّاتِ والجِيناتِ وآليَّةَ الوِراثة.

أطبَّاءُ أمراضِ النِّساء يدرسون جهازَ التناسُل الأُنْثَويّ واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الدَّم يدرسونَ خصائصَ الدَّم والنِّقْي (نُخاعِ العَظْم) واضْطراباتِهما.

عَلَماءُ النُّسُج يدرسون أنسِجَةَ الجِسم.

علماءُ المَناعة يدرسون جهازَ المَناعة واضْطراباتِه.

أطبَّاءُ الأعصاب يدرسون الجُملةَ العَصَبيَّةَ واضْطراباتِها.

أطبَّاءُ الأورام يدرسونَ مُسَبِّباتِ وآليَّةَ تكوُّنِ النوامي السَّرطانيَّة ومُعالَجتَها.

أطبَّاءُ العُيون يدرسون العَيْنَ واضْطراباتِها.

عُلماءُ المَرضيَّات يدرسون ويُحَدِّدون أسبابَ المَرَض والوَفاة.

الفسيولوجيّون (الوظائفيّون) يدرسون طرائق قيام مُقَوِّمات الجِسم بوَظائفِها.

الأطبَّاءُ النَّفْسانيُّون يدرسونَ الأمراضَ العقليَّةَ والوِقايةَ منها ومُعالَجتَها.

مَنْظوماتُ وأَجهِزةُ الجِسم

جهازُ الدَّوَران المؤلَّفُ من القَلْب والدَّم والأوعيةِ الدمويَّة، يَنْقُلُ الموادَّ من وإلى الخلايا عَبْرَ كاملِ أنحاءِ الجِسم.

جهازُ الهَضْم يُفكِّكُ الطَّعامَ كي يَتمَكَّنَ الجِسمُ من استِخْدامِ مُغَذِّياتِه.

مَنْظومةُ الغُدد الصمَّاء تُطلِقُ الهُرْموناتِ التي تحكمُ الكثيرَ من العمليَّاتِ الجُسْمانيَّة.

جهازُ المَناعة يَحْمي الجِسمَ ضِدَّ المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ التي تُسَبِّبُ الأمراض.

الجهازُ الغِطائيّ المؤلَّفُ من الجِلْد والشَّعْرِ والأظافِرِ يُغَطّي الجِسمَ ويَحْميه.

الجُمْلةُ اللِّمْفاويَّة تُصَرِّفُ السوائلَ من الأَنْسِجَةِ وتُدَمِّرُ المُمْرِضات.

الجُمْلةُ العَضَليَّة تُحرِّكُ الجِسمَ وتُساعِدُ في دَعْمه وتَسْنيده.

الجُمْلةُ العَصَبيَّة المُؤلَّفة من الدِّماغ والأعصاب وأعضاءِ الحِسّ تحكُمُ الجِسمَ وتُمَكِّنُ الشَّخْصَ من التفكير والإحساس.

الهَيْكلُ العَظْميّ المؤلَّفُ من العِظامِ والغَضاريفِ والأربِطةِ يَدْعمُ الجِسْمَ ويَحْمي الأعضاءَ الداخليَّةَ ويَسْمحُ بالتَّحرُّك.

جهازُ التناسُل يُمَكِّنُ البَشَرَ من التوالدُ والتكاثُر.

جهازُ التنَفُّس يتألَّفُ من البِنَى والأعضاءِ والفجوات التي تتِمُّ فيها التهويةُ الرئويَّةُ وتبادُلُ النازات بين الهواء المحيطِ والدَّم – يُمِدُّ خَلايا الجِسم بالأُكسجين ويُخلِّصها من ثاني أُكسيد الكربون.

الجهازُ البَوْليّ يتألَّفُ من الكُلْيَتَيْن والحالِبَيْن والمَثانة والإحليل – يُزيلُ الموادَّ الفَضَلاتيَّةَ من الجِسْم عَبْرَ الدَّم.

تَواريخُ رئيسيَّة

ق. م.

(ح) 500 الطبيبُ والفيلسوفُ اليونانيّ، الكمايون، يَرتئي أنَّ الدِّماغَ، وليسَ القَلْبَ، هو عضوُ التفكيرِ والشُّعور.

(ح) 420 الطبيبُ اليونانيّ، أبُقراط، يعتمِدُ الأسلوبَ التشخيصيَّ في الطِّبِّ الذي أساسُه المُراقبةُ ودِقَّةُ الملاحظة.

مِيلاديَّة

129 وِلادةُ عالِم التشريح والطبيبِ اليونانيّ، چالينوس، الذي وصفَ وَظائفَ الجِسم البَشَريّ. وقد جمَّدتْ أفكارُه، والكثيرُ منها خاطئ، مفاهيمَ البَيُولوجية والطِّبِّ البَشَريَّيْن على مَدَى الألفِ سنة التالية.

1037 وَفاةُ الطبيبِ والفيلسوف العربيّ ابن سينا، الذي ظلَّتْ كُتُبُه الطبِّيَّةُ المرجعَ الأساسيَّ السائد للدراسات الطبِّيَّةِ في أوروبا والشرق الأوسط أكثرَ من 500 سنة.

1268 الفيلسوفُ والعالِمُ البريطانيّ، روجر بيكون، يُسَجِّلُ استِخْدامَ النَّظَّاراتِ لتَصْحيح عيوبِ العَيْن.

1288 وَفاةُ الطبيب السُّوريّ ابن النفيس، مكتشِفِ الدورة الدمويَّةِ الصُّغرى عَبْرَ الرِّئتين.

1543 عالِمُ التشريح البلجيكيُّ، أندرياس ڤيزاليوس، ينشُرُ وَصفًا دقيقًا لِتشريح الجِسم البَشَريّ مُصَحِّحًا كثيرًا من أخطاءِ چالينوس.

1628 الطبيبُ البريطانيّ، وِلْيم هارْڤي، يَنْشُر وَصْفًا لِلدورة الدمويَّة الكاملة في الجِسم.

1661 الفسيولوجيّ (الوَظائفيّ) الإيطاليّ، مارسلّو مَلْپيغي، يكتشِفُ الأوعيةَ الشَّعْريَّةَ – الرابطةَ بين الشرايين والأوردة.

1674 العالِمُ المِجْهريُّ الهولنديّ، أنْطوني ڤان لوينهوك، يُراقِبُ ويَصِفُ كُرَيَاتِ الدَّم الحمراء.

1796 الطبيبُ البريطانيّ، إدوارد جِنَّر، يُجْري أوَّلَ تَطعيم، ويُبَيِّنُ أنَّ التطعيمَ بمَصل جُدَري البَقَر تَحْصينٌ ضِدَّ الجُدَري.

1839 الوظائفيُّ (الفسيولوجيُّ) الألمانيّ، ثيودور شْڤان، يَرتئي أنَّ الحيواناتِ تتألَّفُ من خَلايا دقيقةٍ حَيَّة.

1846 أوَّلُ استِخدام للتبنيج – بالإيثَر – أثناءَ عمليَّةٍ جراحيَّةٍ لِخَلْعِ سِنٍ في مستشفَى ببوسطُن في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

1848 الوَظائفيُّ الفرنسيّ، كلود برنارد، يصفُ وظائفَ الكَبِد، ويُرَسِّخُ مفهومَ الاستِقرار الداخليّ (الاستِتْباب).

1858 البَيولوجيّ الألمانيّ، رودولْف ڤيرشو، يُبَيِّنُ أنَّ المرضَ يَحدثُ عندما تُعْطَبُ الخلايا السَّويَّة، واضعًا بذلك أُسُسَ علمِ المَرَضيَّات الخَلَويَّة.

+1860 الكيميائيُّ والبيولوجيُّ الفَرَنْسيّ، لويس باستور، يُثبِتُ العلاقةَ بين الجراثيمِ والأمراض.

1865 الجرَّاحُ البريطانيّ، جوزف لِيْستَر، يَسْتَخْدِمُ حامض الكربوليك كمُطَهِّر في العمليَّات الجراحيَّة وبذلك يُخفِّضُ الوَفيَاتِ فيها بشكلٍ ملحوظ.

1880 وَفاةُ الجَرَّاح الفرنسيّ، پولْ بروكا – الذي اكتشفَ قيامَ أجزاءٍ مُعَيَّنةٍ من الدِّماغ بحُكْم الوظائف الجُسْمانيَّة.

1882 الطبيبُ الألمانيّ روبَرْت كُك يكتشف باشلُس التدرُّن (المُتفطِّرة السُّلِّيَّة) الذي يسَبِّبُ داءَ السُّلّ.

1895 الطبيبُ الألمانيّ، وِلْهلم رونتْجِن، يكتشِفُ الأشِعَّةَ السِّينيَّة.

1899 الطبيبُ البريطانيّ، رُونالْدرُوس، يُبَرهِنُ أنَّ البَعوضَ يَنْقُلُ مرضَ المَلاريا من إنسانٍ إلى آخر.

1900 طبيبُ الأعصاب النمساويّ، سيغْموند فْرُويد، ينشرُ كتابَه المشهور «تفسير الأحلام» الذي يتضمَّنُ مفاهيمَ أساسيَّةً حول التحليل النَّفْسيّ.

1900 عالِمُ المَرَضيَّات الأمريكيّ النمساويُّ المَولد، كارْل لَنْدشتينر، يكتشِفُ فئاتِ الدَّم A، B، O، و AB.

1907 الكيميائيّ الحيَويُّ البريطانيّ، فرِدْريك هوپْكنز، يكتشِفُ الڤيتامينات.

1910 البيولوجيّ الأمريكيّ، توماس مُورْغان يكتشِفُ نَقْلَ الصِّبْغيَّاتِ للمَعْلومات والصِّفات الوِراثيَّة.

1922 الوَظائفيَّان الكنَديَّان، فرِدْريك پاتنغ وتشارْلز بِسْت، يكتشِفان الإنسولين – كوسيلةٍ ناجعةٍ للتحَكُّم بمَرَض السُّكَّري.

1928 عالِمُ البيولوجية المِجْهَريَّة البريطانيّ، ألكسندر فلمِنْغ، يكتشِفُ البِنسِلين، أوَّلَ مُضادٍّ حيَويّ.

1952 الطبيب الأمريكيّ جوناس سالْك يُطوِّرُ أوَّلَ لَقاحٍ ضدَّ شَلَل الأطفال.

1953 الفيزيائيّ البريطانيّ، فرانسس كريك والبيولوجيّ الأمريكيّ جيمْس واطسون يكتشِفان بِنْيةَ د ن أ – بمُعاونة شواهِدَ شُعاعيَّةٍ وفَّرتها الفيزيائيَّةُ الحيويَّةُ البريطانيَّةُ روزالِنْد فرانكلين.

1958 أوَّلُ تَفْريسةٍ بالتصوير فوق الصَّوتيّ لِجَنينٍ في رَحِم أُمِّه.

1967 الجرَّاح الجنوب إفريقيّ، كريسْتيان بارنارْد، يُجْري أوَّلَ عمليَّةٍ جراحيَّةٍ ناجحةٍ لِنَقل القَلْب.

1972 إدخالُ التَّفْريس القطاعيّ الحاسُوبيّ كوسيلةٍ لتصوير أعضاءِ الجِسم الداخليَّة.

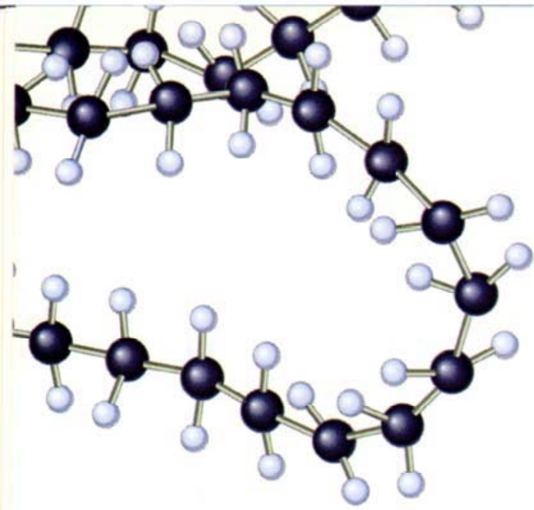
1979 إعلان خلُوِّ العالَم من مَرَض الجُدَري الفتَّاك كنتيجةٍ لِحَمْلةِ تَطْعيم عالميَّة.

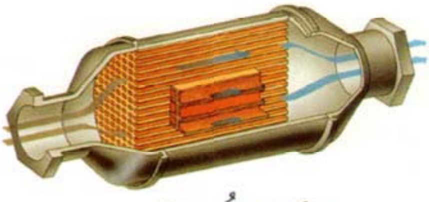
1981 تَسْجيلُ أوَّلِ حالةٍ من حالاتِ مُتلازمة عَوَز المَناعة المكتسب (الإيدز) – باعتباره مَرَضًا جديدًا.

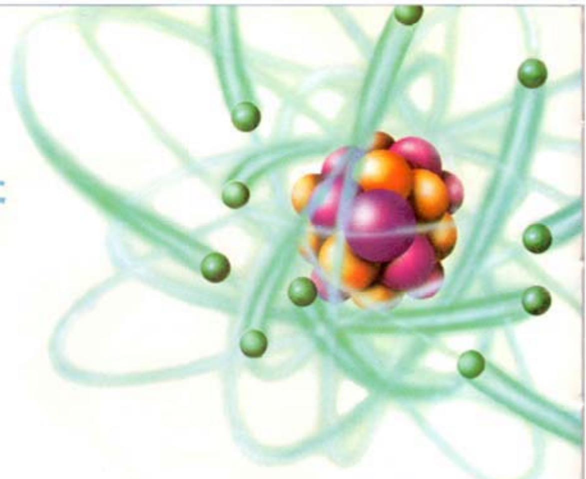
1990 مَشروع حَلِّ خريطة الجينُوم البَشَريّ يَبْدأ في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة – بهدف تحليل د ن أ البَشَريّ لإيجادِ الجينات في كُلٍّ من الـ 46 صِبْغيًّا بَشَريًّا.

1995 بدْءُ العَمَلِ لتطوير أساليبِ الهَنْدسة الوِراثيَّة كوسيلةٍ مُمْكنةٍ لِمُعالجة الأمراض المَوْروثة.

1999 الصِّبغيُّ 22 يَغْدو أوَّلَ صِبْغيٍّ بَشَريّ تُعرَفُ وتحدَّدُ وظائفُ جميعِ جِيناتِه.

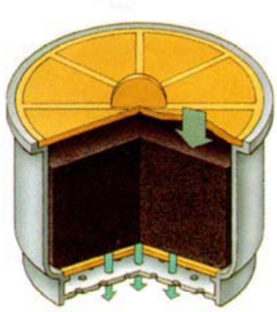






الفَصْلُ الرَّابع

الكيمياءُ والعَناصِرُ الكيماويَّة





الكيمياءُ عِلْمٌ تُدرسُ فيه العناصرُ الكيماويَّة وطُرق اتِّحادِها معًا لِتُكوِّنَ مُرَكَّباتٍ كيماويَّة. هنالك قرابةُ المئة من العناصر الكيماويَّة المتواجدةِ في الطبيعة وأكثَرُ من 10 ملايين مُرَكَّبٍ كيماويٍّ مَعْروف. يُمكِنُ اعتبارُ عُمَّالِ العَصْر البرونزيِّ الذين توصَّلوا إلى تَحْويلِ خاماتِ النُّحاس الحَجَريَّة المُعَدَّنة من الأرض إلى فلزٍّ مُفيد، منذُ 5000 سنة، من الكيميائيِّين الأوائل. وبعدَ ذلك بحوالى 1500 سنة، حاولَ الخيميائيُّون الإغريق والمصريّون والهنود تَحْويلَ الفِلزَّاتِ الخَسيسَة، كالرَّصاص، إلى ذَهَب. ورُغمَ أنَّ محاولاتِهم لم تَنْجَحْ في استِصْناع الذَّهَب، فإنَّ التِّقاناتِ التي استَخْدموها كانَتْ أساسًا للبُحوث الكيميائيَّة المُعاصِرَة. ومُنذئذٍ أخَذَ العلماءُ يدرسون سُلوكَ المَوادّ، فطَوَّروا جميعةً ضخمةً من الموادِّ التي لا غِنًى عنها في التِّقاناتِ المُعاصِرة.

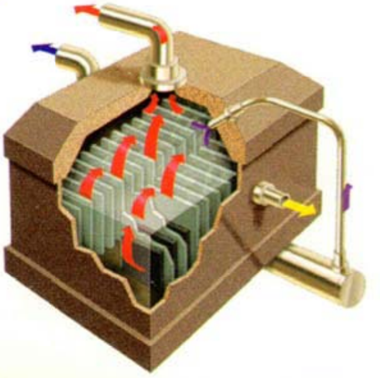




الصِّناعاتُ الكيماويَّةُ تُوَفِّرُ لنا الخَرسَانةَ والفلِزَّاتِ واللَّدائنَ لإنشاءِ المباني والآليَّاتِ والمَرْكبات، وكذلك الوُقُدَ، للنَّقْل والتَّدْفئة؛ والألْيافَ الصُّنْعيَّةَ، للمَلابس؛ والأَسْمدةَ ومُبيدات الآفات لِتَحْسينِ إنتاجِ المَحاصيلِ الغِذائيَّة. المَعارفُ الكيماويَّة تُمكِّنُنا من إنتاجِ السِّليكون العالي النَّقاوة المُستَخْدم في الحواسيب والمُعالِجاتِ الصُّغْريَّة. والكيمياءُ الحيَويَّةُ تُساعِدُنا في تَفَهُّمِ العمليَّاتِ التي تَجْري في الكائناتِ الحيَّة؛ والكيمياءُ الصَّيدلانيَّةُ تُوَفِّرُ لنا الأدْويةَ والعَقاقيرَ لِمُعالجةِ الأمراض، التي كان الكثيرُ منها، في ما مَضَى، عَصيًّا على العِلاج.











بداياتُ الكيمياء

مُنذُ حوالى 200 سنة بَدأتِ الكيمياءُ المُعاصِرةُ تتطوَّرُ من الدِّراساتِ والأَبحاثِ القديمةِ التي أَنْجَزها الخيميائِيُّون خِلالَ الـ 2000 سنة السَّابقة.

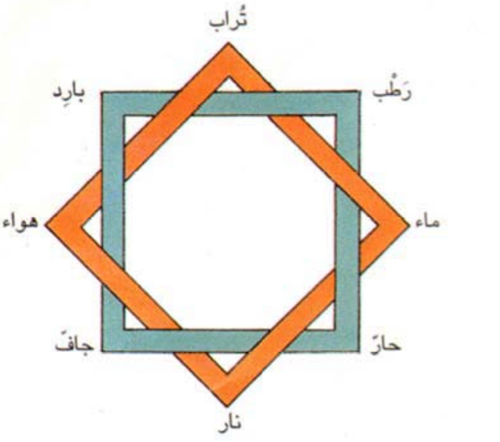
على مَدى قُرونٍ عديدةٍ، انصَبَّ اهتِمامُ دارسي الخيمياء على هدَفٍ واحدٍ: هو اكتِشافُ طريقةٍ لِتحويلِ الفِلزَّاتِ العاديَّة، كالحديدِ والرَّصاص، إلى ذَهَب. وكان الاعتِقادُ السَّائدُ هو أنَّ في الذَّهَبِ، فضلًا عن قيمتِه الثمينة، شِفاءٌ لجميع الأَمراضِ وسبيلٌ إلى الحياةِ الأبَديَّة.

يَعودُ تاريخُ الخيمياء إلى مَجْموعةٍ من المَفاهيم والأفكار التي تكوَّنتْ لدى الفلاسفة والسَّحَرة والمُنَجِّمين منذُ عِدَّةِ آلافٍ من السِّنين. أقدمُ الكِتاباتِ حولَ الخيمياء مَصْدَرُها مِصر (منذُ 1500 ق.م) والصِّين (600 ق.م) واليُونان (500 ق.م). ويظهَرُ من بعضِها أنَّ كلمةَ خِيمياء هي من العربيَّة «الكيمياء» - والعربيَّة من أصلٍ قديم تَعْني «الفنّ المصريّ».

الخيميائيُّون القدماء كما الكيميائيُّون المُعاصرون، ركَّزوا اهتماماتِهم وقضَوا معظمَ أوقاتِهم في مُحاولاتٍ لتحويل مادَّةٍ إلى مادَّةٍ أُخرى. لكِنَّهم خِلافًا للكيميائيّين المُعاصرين، لم يقوموا بإجراء اختباراتٍ علميَّةٍ لاكتِشافِ كيفَ ولماذا تَحْدُثُ تلك التغَيُّرات. فعلى مَدى عدَّةِ قرونٍ، اقتصرَتْ أنشطتُهم على إحماءِ وتقليبِ مَزيجاتِهم الغَريبة وتِلاوةِ تَعاويذهم وتمائمهم السِّحْريَّة. ورُغْمَ أنَّهم لم يكتشفوا طريقةً لتحويلِ الفِلزَّاتِ الخَسيسَةِ إلى ذَهَب، فإنَّ الخيميائيّين انتَبطوا كثيرًا من الأدوات المِخبريَّةِ المُفيدةِ وطَوَّروا تِقْنيَّاتٍ لِتَحْضيرِ المَحاليل ولِفَصْلِ المَزيجات بِطرائقِ التَّرْشيح والتَّقْطير.



استَخْدَمَ الخيميائيُّون العَرَب هذه الكَركَة (الإنبيق) منذُ 1000 سنة لِتَقْطيرِ السَّوائل. فكان يُغْلَى السائلُ غيرُ النَّقيّ في القِسْمِ السُّفْليِّ منها (غير مُبَيَّن هنا). وتَتكاثَفُ الأَبْخرةُ في قُبَّة الكَركَة ويتشَلْشَلُ السَّائلُ النَّقيُّ عَبْرَ البُلْبُلة.



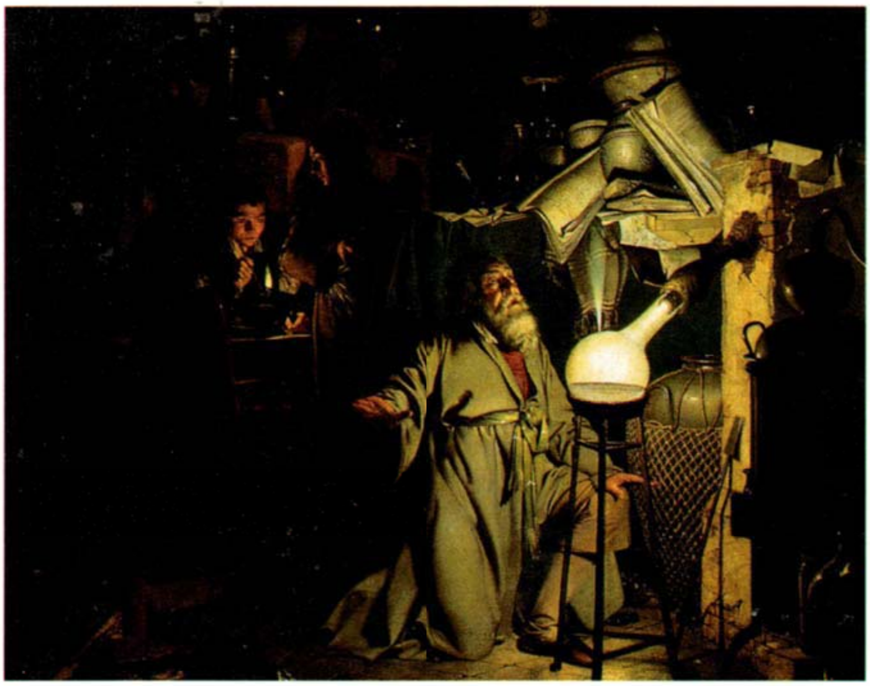
كان الخيميائيُّون يَعْتقدون بتَواجُد أربعةِ عناصرَ أساسيَّةٍ في الكون هي: الهواءُ والتُّرابُ والنارُ والماء. وأنَّ كُلَّ عُنْصُرٍ يَحْوي اثْنَتَين من خصائصَ أربعٍ هي: بارِدٌ وجافٌّ وحارٌّ ورَطْب.

النظريَّاتُ الخيميائيَّة

كانت نَظريَّةُ العناصِرِ الأربعةِ إحدى النَّظريَّاتِ الخيميائيَّة الرئيسيَّة. وكان قِوامُها أنَّ جميعَ الموادِّ تتألَّفُ من مَزيجاتٍ مُختلِفةٍ من عناصِرَ أربعةٍ فقط: هي الهواءُ والتُّرابُ والنَّارُ والماء. وأنَّ كُلَّ عُنصُرٍ يتألَّفُ من زَوجٍ من خصائصَ أربعٍ هي: بارِدٌ وجافٌّ وحارٌّ ورَطْب. فالنَّارُ هي اتِّحادٌ من حارٍّ وجافٍّ، والترابُ جافٌّ وبارِدٌ، والهواءُ حارٌّ ورَطْب، والماءُ رَطْبٌ وبارِد. وكان الخيميائيُّون يُعلِّلون عمليَّةً كالغَلَيانِ بقَولِهم إنَّ الحرارةَ تطرُدُ الباردَ من الماءِ الرَّطْبِ البارِد، مثلًا، لتُكَوِّنَ الهواءَ الرَّطْبَ الحارَّ أي البُخار.



العالِمُ والفيلسوفُ الإنكليزيُّ رُوجَر بيكون (1214 - 1292) رَكَّزَ بِراساتِه الأوَّليَّةَ على السِّحْرِ والخيمياء. وقُرابةَ العام 1250، أصبَحَ راهبًا فرانْسيسكانيًّا وتحَوَّلَ إلى العُلوم والاختبارات العلميَّة. وكان يُشَجِّعُ النَّاسَ على التعَلُّم من تجارِبِهم الخاصَّةِ بدَلَ مُجرَّدِ التسليم بالأفكار والمَفاهيم المُدَوَّنةِ في الكُتُبِ القديمة.



كان هاجِسُ الخيميائيّين تحويلَ الفِلزَّاتِ الخسيسَةِ إلى فلِزِّ الذَّهَبِ النَّبيلِ العزيزِ المَطْلَب. ففي عام 1669، أجرى الخيميائيُّ هَنِنْغ بْراند من هامبُورغ تجارِبَ على مَزيجاتٍ حَوَتْ بَوْلَ أسَد. وكان يَظُنُّ أنَّ السائلَ الذهبيَّ (الأصفرَ) اللَّون الذي تَبُولُه تلكَ الحيوانات النَّبيلة يَحْوي ذَهَبًا. لكِنَّه وجدَ، بدَلَ الذَّهَبِ، عنصرًا مُتوَهِّجًا أسماه الفُسْفور - وهي كلمةٌ يونانيَّةٌ تَعْني «حامِلَ الضَّوء».

الخيمياءُ إلى زَوال

بلغَتْ دِراسةُ الخيمياءِ ذُرْوتَها حوالى العام 1400. فمنذئذٍ، بَدأ الناسُ يرتابون في صِحَّةِ النظريَّاتِ الخيميائيَّة التي توارَثُوها عَبْرَ الأَجيال. فأخذوا يُجرونَ التجارِب ويقومون بأدَقِّ القياسات. وصاروا يُحاولون تعليلَ ما كانوا يُشاهدون دونَ الإعتمادِ على الأفكار والمَفاهيمِ التي أساسُها السِّحْرُ والخُرافات؛ وأصبحت الدِّراساتُ، تدريجيًّا، أكثرَ تَنْظيمًا وعلميَّةً. وفي الوقتِ نفسِه، ساعدَ انْتِشارُ الكُتُبِ المَطْبوعةِ العلماءَ على تَبادُلِ الأفكار والمَفاهيم.

وِلادةُ الكيمياء

تعايشَتِ الكيمياءُ والخيمياءُ معًا حتَّى أواسطِ القرنِ السابعَ عَشَر. ثُمَّ، في العام 1661، نَشَر الكيميائيُّ البريطانيُّ رُوبَرْت بُويْل (1627 – 1691) كتابَه «الكيميائيّ المُشَكِّك». فساعدَ هذا الكتابُ على فَكِّ الإرْتباطِ بين الكيمياءِ والخيمياءِ، ونَصَّبَ الكيمياءَ كمَوضوعٍ عِلميٍّ قائمٍ بذاتِه.

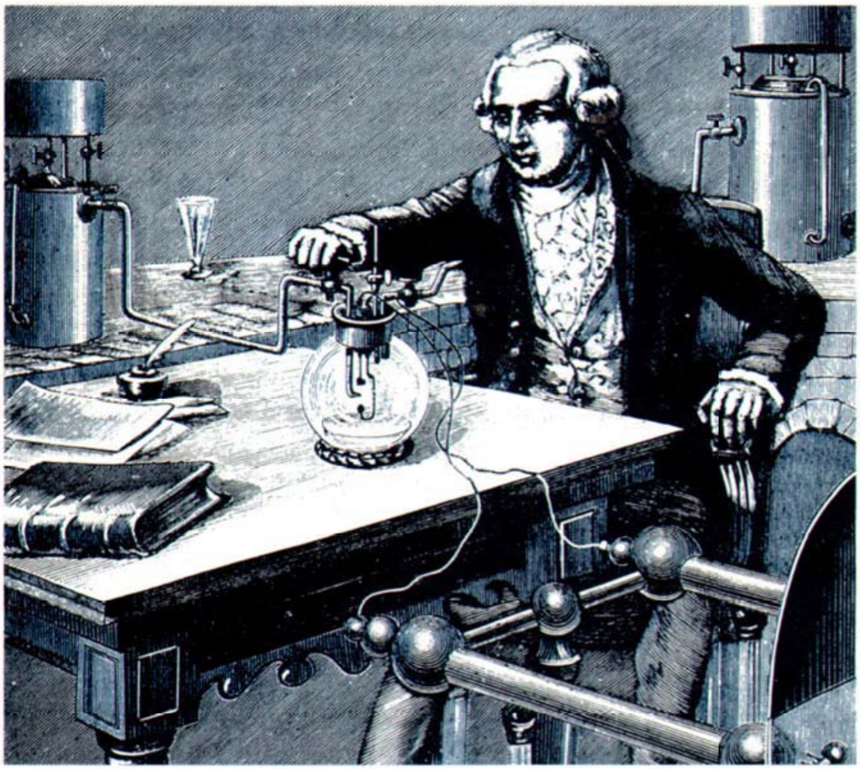
استَخْدمَ بُويْل أفكارَ الراهب والفيلسوف رُوجَر بيكون في وَضْعِ قواعِدِ البحثِ العلميِّ الرَّصين. فوَصفَ تجارِبَ واختباراتٍ أثبتَتْ بِشَكلٍ قاطِعٍ أنَّ نظامَ العناصرِ الأربعة عاجِزٌ عن تَعْليلِ سلوكِ الكثيرِ من الموادّ. وارتأى بُويل أنَّ كُلَّ عُنْصرٍ هو مادَّةٌ مُفردةٌ نَقيَّةٌ لا يُمكِنُ فَلْقُها إلى موادَّ أَبْسَط. وصارتِ الخيمياءُ إلى زَوال عندما بَدأ الكيميائيُّون يُرَكِّزونَ على تَنْقِيةِ الموادِّ ويَتقَصَّون خصائصَها بعنايةٍ ودقَّة.

التطوُّرات

في العام 1766، اكتشفَ العالِمُ البريطانيُّ هِنري كاڤِنْدِش طريقةً لِتَحْضيرِ غازِ الهِدْروجين بِصَبِّ حامضٍ على فلزَّاتٍ كالخارصين (الزِّنك) أو الحديد. وسمَّى هذا الغاز «الهواءَ اللَّهوب» عندما وجَد أنَّه يَشْتَعِلُ إنْ قُرِّبَ إليه عودُ ثقابٍ مُشْتعِل.

وحوالى العام 1772، اكتشفَ الكيميائيُّ السّويديُّ كارْل شِيل (1742 – 1786) وُجودَ الأُكسجين في الهواء. وفي عام 1781، بَيَّنَ الكيميائيُّ البريطانيُّ جوزِف پريسْتلي (1733 – 1804) أنَّ الماءَ يتكوَّنُ عندما يحترِقُ الهِدْروجين في الهواء. ثُمَّ لاحِقًا، قام كاڤِنْدِش بِتَحْضيرِ الماءِ بِحَرْقِ الهِدْروجين في الأُكسجين. وقد تَمَّ تجميعُ كُلِّ هذه النتائج في مَدًى لا يَتجاوزُ 15 سنةً، لكِنَّ أحدًا لم يَسْتطِعْ فَهْمَها تمامًا. ثُمَّ، في العام 1783، أعادَ الكيميائيُّ الفَرَنْسيُّ أنطوان لورنت لاڤوازييه تجارِبَ كاڤِنْدِش واستَخْدمَ فِكْرةَ العناصِر لتعليلِ النتائج – قائلًا إنَّ الهِدْروجين والأُكسجين هما عُنْصُران، وأنَّ الماءَ هو مُرَكَّبٌ من الهِدْروجين والأُكسجين.

وقد ارتأى أيضًا أنَّ الفلزَّاتِ هي عناصِرُ، وأنَّ الحوامِضَ هي مُرَكَّباتٌ تَحْوي الهِدْروجين؛ وأنَّه عند مَزْجِ الفلزَّات والحوامض، يَحُلُّ الفلزُّ مَحَلَّ الهِدْروجين، ويُحَرَّرُ الهِدْروجينُ كغاز. وغدا مَفْهومُ لاڤوازييه بأنَّ العناصرَ تتفَكَّكُ بعضُها عن بعض ثُمَّ تَتَضامُّ وتتَّحِدُ في مَجْموعاتٍ مُختلِفةٍ أحدَ أُسُسِ الكيمياء الحديثة.



في العام 1783، استَخْدمَ الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ أنطوان لورنت لاڤوازييه (1743 – 1794) هذا الجهازَ لِيُبَيِّنَ أنَّ الهِدْروجين والأُكسجين يتَّحِدان معًا ليُكوِّنا الماء. وبذلك دَحضَ الاعتقادَ الذي سادَ على مَدى 2000 عام بأنَّ الماءَ هو عُنْصُر.



أجرى العالِمُ البريطانيُّ هِنري كاڤِنْدِش (1731 – 1810) اختباراتٍ على الغازات. وهو اكتشفَ غازَ الهِدْروجين وبَيَّنَ أنَّ الهواءَ هو مَزيجٌ من الغازات.



مُختبرٌ كيميائيٌّ، في عام 1914، يَستخدِمُ المُعَدَّاتِ الأساسيَّةَ نفسَها التي نجِدُها في المُخْتَبرِ الحديث – الموادُّ الكيماويَّةُ النقيَّةُ تؤخَذُ من قواريرَ مُغلقةٍ لإجراءِ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في أَجْهزةٍ زُجاجيَّةٍ نقيَّة.

أُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
التحليلُ الكيماويّ ص 154 – 155
الفَصْلُ والتَّنْقِية ص 160 – 161

العَناصِرُ الكيماويَّة

العناصِرُ موادُّ لا يُمكِنُ تَفْكيكُها إلى موادَّ أَبْسَطَ بِطرائقَ كيماويَّة. هنالك 92 عُنْصُرًا طبيعيَّ التواجُد وَ20 عُنْصُرًا صُنْعيًّا.



هذه الموادُّ كُلُّها مَعادِنُ تتواجَدُ في الأرض. رَهَجُ الغار يَحْوي عُنْصرَي الزِّرنيخ والكِبريت، بينما يَحْوي البِيْريتُ الحديدَ والكِبريت. والمَلَكِيت مَزيجٌ من كربوناتِ النُّحاس وهِدْروكسيد النُّحاس اللذين يتألَّفان معًا من النُّحاس والكربون والأُكسجين والهِدْروجين. الفلُورَيت يَحْوي الكالسيُوم والفلُور.

يُمكِنُ تَصْنيفُ العناصِر إلى فلِزَّاتٍ وَلافلِزَّات. فالفلِزَّاتُ هي غالبًا جوامِدُ برَّاقةٌ مُوصِلَةٌ لِلْكَهْرباء. ومُعظمُها لا يَنْصهِرُ إلّا على درجاتِ حرارةٍ عالية. وهي طَروقةٌ – أي يُمكِنُ تَطْريقُها أشكالًا مُختلفة، والكثيرُ منها مَطيلٌ – أي يُمكِنُ سَحْبُها ومَطُّلُها دونَ أنْ تَتَقَطَّعَ. الحديدُ والنُّحاس والخارصين (الزِّنك) واليُورانيوم هي أمثلةٌ على الفلِزَّات.

اللّافلِزَّاتُ، باستِثْناءِ الغرافيت – الذي هو شَكْلٌ من الكربون – عديمةُ التوصيلِ للكهرباء. واللّافلِزَّاتُ الجوامِدُ، كالكِبْريتِ والفُسْفور، موادُّ قَصِفةٌ (سَهْلةُ التفَتُّتِ إلى قِطَعٍ صغيرة عندَ الطَّرق). وهي في مُعْظمِها تَنْصهِرُ على درجاتِ حرارةٍ أخفضَ بكثيرٍ من درجاتِ انْصهارِ الفلِزَّات؛ وكثيرٌ منها غازاتٌ على درجةِ حرارةِ الغُرفة. الكلُور والهِدْروجين والأُكسجين هي أمثلةٌ على اللّافلِزَّات.

هنالك 92 عُنْصُرًا طبيعيًّا. وهي، باستِثْناءِ الهِلْيوم والنِّيون، يُمكِنُ أنْ تتَّحِدَ بعناصرَ أُخرى لِتُكَوِّنَ مُرَكَّبات. كما يُمكِنُ استِخْدامُ تَفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ لتَفْكيك المُرَكَّباتِ وتحريرِ مُقَوِّماتِها من العناصِر.

الرُّموزُ والأَسماءُ الكيماويَّة

يَسْتَخْدِمُ الكيميائيُّون رُموزًا كيماويَّةً تتألَّفُ من حَرْفٍ أو

عُنْصُر	الرَّمْزُ الكيماويّ	مَعْلومات تَفْصيليَّة
الحديد	ح، Fe	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ فِرُّوم «Ferrum»، على مَدَى اكثَر من 4000 سنة.
الرُّصاص	صا، Pb	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ پلَمْبُوم «Plumbum»، لأكثرَ من 3000 سنة.
النُّحاس	نح، Cu	استُخْدِمَ الاسمُ اللاتينيّ لِقُبْرص، كوپْرُوم «Cuprum»5000 سنة.
الصوديوم	ص، Na	تَمَّ فَصْلُه نقيًّا لأوَّل مرَّة عام 1807. الاسم اللاتينيّ هو ناتْرِيُوم «natrium».
الالومنيُوم	لم، Al	تَمَّ فَصْلُه نقيًّا لأوَّلِ مرَّة عام 1825.
اليُورانيوم	يو، U	اكتُشِفَ عام 1789، وتمَّ فَصْلُه نقيًّا عام 1841. سُمِّي على اسم الكوكب يُورانوس.
البلوتونيوم	بل، Pu	صُنِعَ أوَّل مرَّة عام 1940؛ وسُمِّي على اسم الكوكب پْلوتو.
الفُسْفور	فو، P	اكتُشِفَ عام 1669.

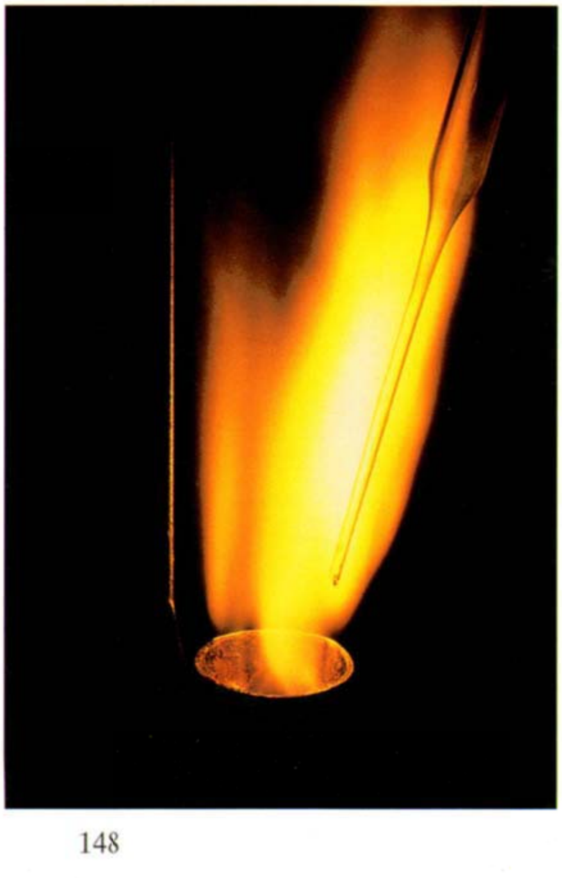
اللّافلِزَّاتُ تُشَكِّلُ حوالى خُمْسِ العناصِر الكيماويَّة؛ والباقي فلِزَّات. تتواجَدُ العناصِرُ في الطبيعة في مُعْظمِها كمُرَكَّباتٍ تضُمُّ عُنْصرَيْن أو اكثرَ مُتَّحِدَةً كيماويًّا.

حَرْفين لتمثيل العُنْصر. مثلًا، الرَّمْزان الكيماويَّان للهِدْروجين والخارصين هما: هـ، H وَ خ، Zn على التوالي.

العناصِرُ التي اكتُشِفَتْ قَبْلَ حوالى عام 1800 كانت تُعطَى في الغَرْب عادةً أسماء لاتينيَّة. فالرُّومان أطلقوا اسم پلَمْبُوم على الرَّصاص. وبسبَبِ سُهولةِ حَنْيه لِيَتَّخِذَ شَكلًا مُعيَّنًا، فقد استَخْدموه في صُنْعِ أنابيبِ جَرِّ المياه. أمَّا العناصِرُ الفلِزِّيَّةُ التي اكتُشِفَتْ منذُ عَهدٍ قريب فأغلَبُ أسمائها تَنْتهي بالمَقْطع «يُوم، ium-». مثلًا، البلوتونيُوم الذي اكتُشِفَ وسُمِّي عام 1940.

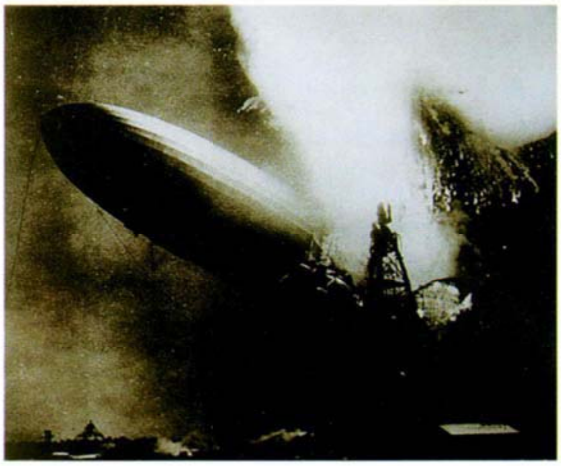


▲◄ الفُسْفور عُنْصرٌ لافلِزّيّ. ويَنْبغي حِفْظُه تحتَ الماء (أعلاه)، لأنَّه يَشْتَعِلُ عندَ تعَرُّضِه للهواءِ مُكوِّنًا مُرَكَّبًا يُدعى أكسيدَ الفُسْفور. ويتفاعَلُ الفُسْفورُ أيضًا بشَكْلٍ عنيف في تيَّارٍ من غازِ الكلُور (إلى اليَسار).

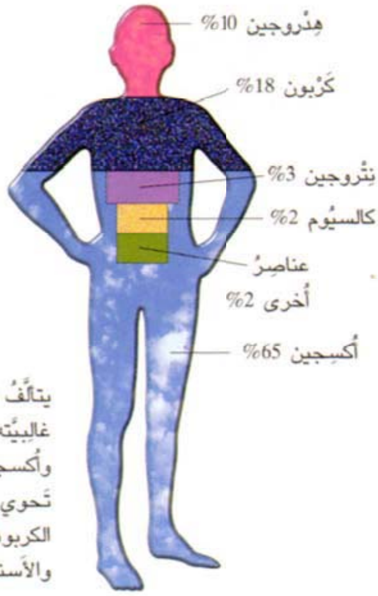




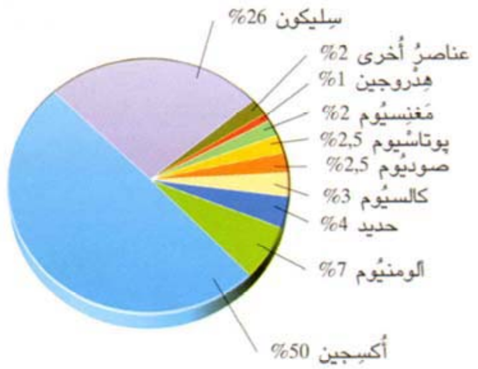
نَسْتطيعُ بالتيَّارِ الكَهْربائيّ تَفْكيكَ بعض السَّوائل والمَحاليل. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذه الطريقة، المُسَمَّاةِ الكَهْرَلَةَ أو التحَلُّلَ الكهربائيّ لِتَحْليلِ الماءِ إلى عُنْصُرَيْه: الهِدْروجين والأُكسِجين.



كان المُنْطادُ (السَّفينةُ الهوائيَّة) هِنْدنبُورغ يَحْوي 190 000 متر مُكَعَّبٍ من الهِدْروجين، حينَ انْفجرَ عام 1937، فأَوْدَى بحياة 35 من الـ 97 شخصًا الذين كانوا على مَتْنِه.



يتألَّفُ الجِسْمُ البَشَريُّ في غالِبيَّته من الماء (هِدْروجين وأُكسجين)، ومن مُرَكَّباتٍ تَحوي الكربون – الكربوهدرات. والعِظامُ والأَسنان تَحوي الكالسيُوم.



مُعْظَمُ الموادِّ في قِشْرةِ الأرض تَحْوي بعضَ الأُكسجين. فالطِّينُ، مثلًا، (سليكات الألومنيُوم) يَحْوي الألومنيوم والأُكسجين والسِّليكون بينما يتألَّفُ الرَّمْلُ من مَجْموعاتٍ من أكاسيد السِّليكون (السِّليكون والأُكسجين).

اكتِشافاتٌ أوَّليَّة – الفلزَّات

قِلَّةٌ من العناصر تتواجدُ في قِشْرةِ الأرض كموادَّ نَقِيَّة. فعُنْصرُ الذَّهَب يَتَواجَدُ في بعض الصُّخورِ كرقائقَ دقيقةٍ أو كُتَلٍ صغيرةٍ من الفلزِّ النَّقِيّ. ذلك لأنَّ الذهبَ لا يتَّحِدُ بسُهولةٍ مع عناصِرَ أُخرى. لقد استَخْرجَ الناسُ الذَّهَبَ واستَخْدموه أوَّلَ مرَّةٍ منذُ حوالى 5500 سنة.

بعضُ الصُّخورِ تَحوي فلزَّاتٍ مُتَّحِدةً مع الأُكسجين. فَخاماتُ الحديد، مثلًا، هي مُرَكَّباتٌ من الحديدِ والأُكسجين. وقد اكتَشفَ الأقدمون، منذُ 3500 سنة، كيفيَّةَ استِخْلاص الحديد من خاماتِه بإحمائها مع الفَحْم النباتيّ. كذلك تَمَّ استِخْلاصُ النُّحاس والرَّصاص والخارصين (الزِّنك) بطرائقَ مُماثِلَة.

اكتِشافاتٌ أوَّليَّة – اللّافلزَّات

الكَرْبونُ والكِبْريت هُما اللّافلزَّان الوَحيدان اللذان يتواجدان كموادَّ نَقِيَّةٍ في الطبيعة. فيَتواجَدُ الكربون كألماسٍ وغرافيت، أمَّا الفَحْمُ النباتيّ (وهو شكلٌ غيرُ نَقِيٍّ من الكربون) فكان يَجري تَحْضيرُه على مَدى قُرونٍ بإحراق الخَشَب (الحَطَب) جُزْئيًّا. وكان يُسْتَخْدَمُ كعاملٍ مُخْتزِلٍ في استِخْلاص الحَديد من خاماته. ويتواجَدُ الكِبْريتُ كَكُتَلٍ صفراءَ جامدةٍ أو كَمَسْحوقٍ حولَ فُوَّهاتِ بعض البراكين؛ ومنذُ العام 1200 صار يُستَخْدَمُ في صُنْعِ البارود والمُطَهِّرات.

اكتِشافاتٌ تالِيَة

وضَعَ لافْوازييه أُسسَ الكيمياءِ الحديثة في العام 1783، عندما رسَّخَ مَفْهومَ العناصِر كفِكرةٍ مَرْكزيَّةٍ للمَوضوع. ولم تَزِدِ العناصرُ النَّقيَّةُ المَعروفةُ في حِينه على 26 عُنْصُرًا. ومع تحسُّنِ الأَجْهزةِ والتِّقاناتِ استطاعَ الكيميائيُّون اكتِشافَ عَناصِرَ جديدةٍ بِسُرعةٍ مُتَزايدة. فبِحُلول العام 1900، تَمَّ تَعَرُّفُ جَميعِ العناصرِ المُتواجدة طبيعيًّا وتَنْقيَتُها وتَسْمِيَتُها.

عَناصِرُ صُنْعِيَّة

يتألَّفُ الكَوْنُ أساسًا من هِدْروجين (90%) وهِلْيُوم (9%). الضُّغوطُ ودَرَجاتُ الحرارةِ الهائلةُ داخلَ النُّجوم، كالشَّمْس، تُحْدِثُ تفاعُلاتٍ نَوَويَّةً تُحَوِّلُ الهِدْروجين إلى هِلْيُوم. وتَضْغَطُ تفاعلاتٌ نَوَويَّةٌ إضافيَّةٌ الهِدْروجينَ والهِلْيُومَ معًا لِتَخليقِ عَناصِرَ أثْقَلَ. لقد تَكَوَّنَتِ الأرضُ من هذه العناصر عندما انفَصلَتْ مع سِواها من الكواكب كأجزاءٍ من الشَّمْس. يَستَخْدِمُ العلماءُ تَفاعُلاتٍ نَوَويَّةً في تَصْنيعِ عناصِرَ اصْطناعيَّةٍ ثقيلةٍ من العناصرِ المُتَواجدةِ في الطبيعة. والعناصِرُ الصُّنْعيَّةُ هذه غيرُ مُسْتَقِرَّةٍ إلى حَدِّ أنَّها تَتفكَّكُ وتَضْمَحِلُّ غالبًا في غُضونِ دقائقَ أو حتَّى ثَوانٍ.

التفاعُلاتُ النَّوَويَّةُ تُحَوِّلُ ذرَّاتِ عُنْصرٍ مّا إلى ذرَّاتِ عناصِرَ أُخرى. وتُطْلَقُ، عندَ حُدوثِ ذلك، كمِّيّاتٌ هائلةٌ من الطاقة – فالقُوَّةُ التفَجُّريَّةُ لِقُنْبلةٍ ذَرِّيَّةٍ قَدْ تُعادِلُ قُوَّةَ آلافِ الأطنان من المُتفَجِّراتِ العاديَّة.



أُنْظُر أيضًا

بِداياتُ الكيمياء ص 146 – 147
الكَرْبون ص 170
الكِبْريت ص 181

الذَّرَّات

يتألَّفُ الكَوْنُ من جُسَيْماتٍ دَقيقةٍ تُسَمَّى ذرَّات. والذرَّاتُ فائقةُ الصِّغَر بحَيْثُ إنَّ البَلايينَ منها يُمكِنُ أنْ تتراصَّ معًا على نُقْطةِ الوَقْف في نِهايةِ هذه الجُمْلة.



الفيزيائيُّ والكيميائيُّ البريطانيُّ، جونْ دالْتُون (1766 – 1844)، قدَّم النظريَّةَ الذرِّيَّةَ للمادَّة. وفيها يَرْتئي أنَّ الذرَّاتِ أشبَهُ بكُرَاتٍ فائقةِ الصِّغَر.

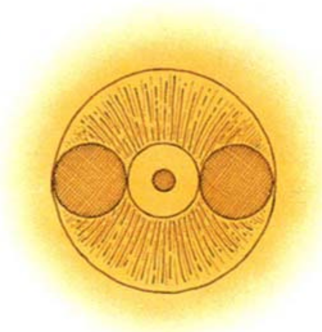
منذُ حوالى 2500 سنة، تَحاورَ فلاسِفَةُ الإغريق حولَ تركيبِ المادَّة. واعتَمدَتْ مَجْموعةُ الذرِّيِّينَ منهُم فرَضيَّةَ التركيب الذرِّيّ – بافتِراضِ أنَّه لو كان بالإمكان تَقْطيعُ المادَّةِ إلى قِطَعٍ أصغرَ فأصغرَ، فستكونُ هنالك في النِّهايةِ قِطْعةٌ في غايةِ الصِّغَر بحيثُ لا يُمكِنُ قَطْعُها. ومن هنا جاءَت التسميةُ أتُوم «ذرَّة» – من a بمَعْنى لا وَ tom بمَعْنى يُقْطَع.

بينَ عامَي 1803 وَ 1807، عملَ الكيميائيُّ البريطانيُّ جون دالْتُون على تَطْبيق هذه الأفكار في نظريَّتِه الذرِّيَّةِ للمادَّة: فهو نظَرَ أنَّ الذرَّاتِ لا يُمكِنُ تَخْليقُها ولا تَدْميرُها. وأنَّ العَيِّنةَ النَّقيَّةَ من أيِّ عُنْصُر تَحْوي ذرَّاتٍ مُتَماثِلةً تمامًا.

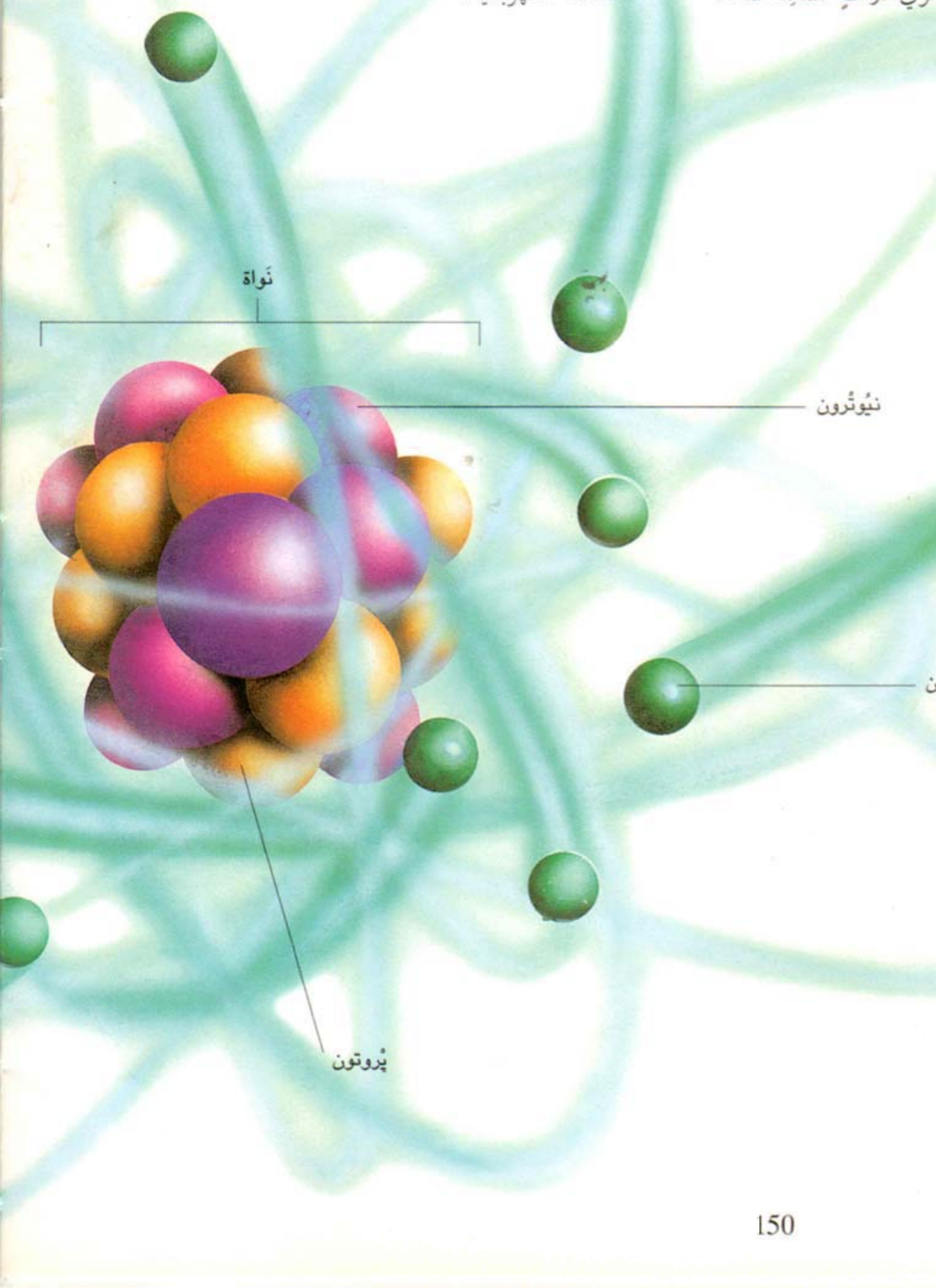
النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثة

لم تَتطَرَّقْ نظريَّةُ دالْتون إلى البِنْيةِ الداخليَّة للذرَّات. ثُمَّ، في العام 1897، تَمَّ اكتِشافُ أوَّلِ جُسَيْمٍ دونَ الذرِّيّ، المُسَمَّى إلكترون. وفي عام 1911، اكتشفَ الفيزيائيُّ البريطانيُّ إرْنِسْت رَذَرْفورد (1871 – 1937) أنَّ كُلَّ ذرَّةٍ تَتضَمَّنُ نواةً كثيفةً مُوجِبَةَ الشِّحْنة. وفي العام 1932 اكتُشِفَ النَّيُوتْرون.

النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثةُ تنُصُّ على أنَّ الذرَّةَ تتألَّفُ من نَواة من البروتونات والنيوتْرونات، تُحيطُ بها إلكتروناتٌ تُدَوِّمُ حولَها. النيوترونُ والبروتون مُتعادلا الكُتلة – والواحِدُ مِنْهُما أثقَلُ من الإلكترون بأكثرَ من 1800 مرَّة. والبروتوناتُ ذاتُ شِحْنةٍ كهربائيَّةٍ مُوجِبَةٍ والإلكتروناتُ ذاتُ شِحْنةٍ كهربائيَّةٍ سالبةٍ مُعادِلة. أمّا النيوتْرونات فعديمةُ الشِّحنة الكَهْربائيَّة.



▲ وضَعَ دالْتون رُموزًا لِذرَّاتٍ مُخْتلِفة. وارتأى أنَّ الذرَّاتِ تَترابَطُ معًا لِتُكوِّنَ مُرَكَّبات. الرَّسمُ الدالْتونيّ أعلاه، مثلًا، يُبَيِّنُ ذرَّتَيْن من الأُكسجين مُترابطَتَيْن مع ذرَّةٍ من الكربون في جُزَيءِ ثاني أُكسيد الكربون.



◄ تتألَّفُ نَواةُ الذرَّةِ من بْروتوناتٍ ونيوتْرونات، وهي تؤلِّفُ مُعظمَ كُتْلة الذرَّة. الإلكتروناتُ تُدَوِّمُ في مَداراتٍ ثابتةٍ حولَ النَّواة بفِعل التَّجاذُبِ الكهربائيِّ بين الشِّحْنةِ السالبةِ للإلكترون والشِّحْنةِ المُوجِبَةِ للبروتونات في النَّواة. النيوتْرونات تُسْهِمُ في الحِفاظ على تماسُكِ النَّواةِ؛ وبدونِها تَتَنافَرُ البروتوناتُ المُوجبةُ الشِّحْنة واحِدَتُها مع الأُخْرَيات.

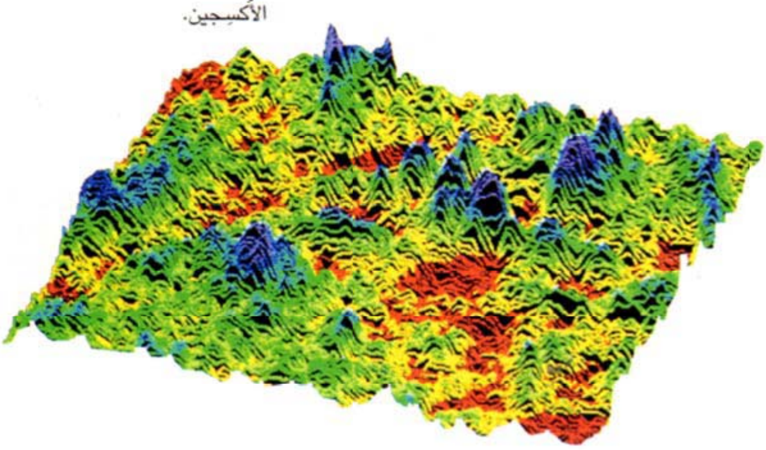
الذَّرَّاتُ والعَناصِر

تَحوي الذرَّاتُ عَددًا مُتَساويًا من الإلكترونات والبروتونات. الشِّحْناتُ الكهربائيَّةُ السَّالِبَةُ للإلكترونات تُعادِلُ الشِّحْناتِ المُوجِبَةَ للبروتونات؛ ونَتيجةً لذلك، تكونُ الذرَّةُ كَكُلٍّ عديمةَ الشِّحْنةِ الكهربائيَّة.

أبْسَطُ العناصِرِ هو الهِدْروجين. الذي تتألَّفُ ذرَّتُه من پْروتونٍ واحِدٍ وإلكترونٍ واحد؛ وهو العُنْصُرُ الوَحيدُ الذي لا يَحْوي نيوتْرونًا. العناصِرُ الأُخرى تَحوي إلكتروناتٍ وپْروتوناتٍ ونيُوتْروناتٍ أكثَرَ؛ وهي بالتالي أثقَلُ من الهِدْروجين. مثلًا، ذرَّةُ الألومنيُوم تَحْتوي 13 پْروتونًا وَ 13 إلكترونًا وَ14 نيوتْرونًا. وذَرَّةُ اليورانيُوم، أثقَلُ العناصِر المُتَواجِدَةِ طبيعيًّا، تتألَّفُ من 92 پْروتونًا وَ 92 إلكترونًا وَ 146 نيُوتْرونًا. العناصِرُ الأثقَلُ من اليورانيُوم هي عناصِرُ غيرُ مُسْتَقِرَّةٍ - إذ تَتَفجَّرُ نَواها وتَنْفَصِمُ مُتَباعدةً لأنَّ قُوى ضَمِّ البروتونات معًا فيها ليسَتْ كافيةً لِلتغَلُّب على قُوى التنافُرِ بين شِحْناتِها المُوجِبَة.



◄ طُوِّرَ مِجْهَرُ القُوَّة الذرِّيَّة خِلالَ الثمانينيَّات من القَرْن العِشْرين. هنا الحاسوبُ يُراقِبُ القُوى المؤثِّرة في نُقْطةٍ ماسيَّةٍ دَقيقةٍ اثناءَ تَفْريسةِ مَسْحٍ عَبْرَ العَيْنة.



▼ هذه صورةٌ مُوَلَّدةٌ حاسُوبيًّا لِسَطْحِ قِطْعةٍ زُجاجيَّةٍ بمِجْهرِ القُوَّة الذرِّيَّة. كُلُّ بَرْزَةٍ ناتئةٍ تُمَثِّلُ ذرَّةً مُفْرَدةً من السِّليكون أو الأكسجين.

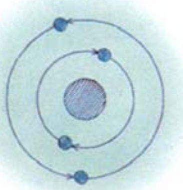


الحَجْمُ الذرِّيّ

النظريَّاتُ الذرِّيَّةُ نَماذِجُ يَسْتَخْدِمُها العلماءُ لِتَحْليل نتائج اخْتباراتِهم. فلأنَّ الذرَّاتِ فائقةُ الصِّغَر، لَمَّا يَتمكَّن أحدٌ فِعلًا من مُشاهدةِ ذرَّةٍ - إذ يَنْبغي تَكْبيرُ الذرَّةِ 100 مليون مرَّة لإنتاجِ صورةٍ قُطْرُها سَنْتيمترًا واحدًا. كذلك فإنَّ الذرَّةَ تتألَّفُ في مُعْظَمِها من فَراغ. فلو نُمَثِّلُ نَواةَ الذرَّة في نَموذجٍ بيانيٍّ نِسْبيٍّ بِكُرَةِ مَضْرِب (تِنِس) لتمثَّلَتِ الإلكتروناتُ بعَددٍ من رؤوسِ الدبابيس، ولَبَلَغَ قُطْرُ النَّموذجِ ككُلّ حوالى 700 متر. النظريَّةُ الذرِّيَّةُ الحديثةُ تَنُصُّ أيضًا على أنَّ الإلكتروناتِ تَدُوَّمُ بِسُرعاتٍ فائقةٍ يتَعَذَّر معها الجَزْمُ بتقدير مَواقِعِها في الذرَّة. فلكأنَّها سَحابةٌ من الشِّحْناتِ السَّالِبَة تُحيطُ بالنَّواة.



نالَ الفيزيائيُّ الدانمركيُّ، نِيلْز بُور (1885 - 1962)، جائزةَ نُوبل للفيزياء عامَ 1922 على نظريَّته حوْلَ البِنْيةِ الذرِّيَّة.



حسَبَ نَظريَّة بُور، تُدَوِّمُ الإلكتروناتُ حولَ نَواةِ الذرَّة في غِلافاتٍ قِشْريَّةٍ كُرَويَّةٍ تُسمَّى مَدارات.

التَّصديقُ بالمُشاهَدة

أمواجُ الضَّوءِ كبيرةٌ جدًّا بالمُقارنةِ مع حُجومِ الذرَّات. لذا فإنَّ المَجاهِرَ الضوئيَّةَ العاديَّة عاجِزةٌ عن تَبيُّنِ ذرَّاتٍ مُفْرَدة؛ فهي بِبَساطةٍ تَطْمِسُ صُورَ ملايين الذرَّات معًا.

أمَّا مَجاهِرُ القُوَّةِ الذرِّيَّة التي لا تَستَخْدِمُ الضَّوء، فهي تَسْتَخدِم مسبارًا حادًّا يتحَرَّكُ جيئةً وذَهابًا عَبْرَ سَطْحِ العَيِّنةِ مُتَحَسِّسًا السَّحابةَ الإلكترونيَّةَ حولَ كُلِّ ذرَّةٍ؛ والحاسُوبُ يُرَكِّبُ صورةً للذرَّاتِ في ذلكَ السَّطْح.

أنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 - 149
حالاتُ المادَّة ص 156 - 157
الميكروسكوبات (المَجاهِر) ص 268 - 269

الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعَناصِر

يُدْرِجُ الجَدْولُ الدَّوْريُّ العناصِرَ الكيماويَّةَ بترتيبٍ تَصاعُديٍّ لأعدادِها الذرِّيَّة. والعناصِرُ المُتماثِلَةُ الخصائص مُرَتَّبةٌ معًا في مَجْموعات.



وضعَ الكيميائيُّ الرُّوسيُّ، ديمِتْري مَنْدِلْييف (1834 – 1907) أوَّلَ جدولٍ دوريٍّ للعناصر عامَ 1869. وكان قد تركَ فراغاتٍ في الجَدْولِ لعناصِرَ لم تكُن قد اكتُشِفت بعدُ؛ وتَنبَّأ بخَصائصِها مقارنةً مع العناصرِ المُجاورة.

الجَدْولُ الدَّوْريُّ يَنْتَظِمُ جميعَ العَناصِرِ الكيماويةِ في ثمانيةَ عَشَر عمودًا، أو مَجْموعةً، وسَبْعةِ صُفوفٍ أُفقيَّةٍ تُسَمَّى دَورات. والعناصِرُ مُرَتَّبةٌ بحيثُ تَتزايَدُ أعدادُها الذرِّيَّةُ آحادًا عَبْرَ الدَّورةِ من اليَمينِ إلى اليَسار. العَددُ الذرِّيُّ للعُنْصر يُساوي عددَ البروتونات في نواةِ ذرَّتِه أو عددَ الإلكترونات المُدَوِّمةِ حولَ نَواتِه.

المَجْموعاتُ في الجَدولِ الدَّوْريِّ مُرَقَّمةٌ من اليَمينِ إلى اليَسار من 1 إلى 18، رُغْمَ استِخْدامِ أَنْظمةِ تَرْنيمٍ أُخرى أحيانًا. العناصِرُ في المَجْموعةِ نَفْسِها ذاتُ خصائصَ مُتَماثِلَة؛ وتعتمِدُ خصائصُ العُنْصرِ الكيماويَّةُ إلى حَدٍّ بَعيد على عددِ الإلكترونات في غِلافِه الخارجيّ.



مَوقعُ الصوديوم في المَجموعة 1. ورُغْمَ أنَّه فلِزٌّ، فهو لَيِّنٌ بحيثُ يُمكِنُ قَطْعُه بسكِّين. يُحْفَظُ الصوديوم في الزَّيت أو الكيروسين لِمَنْعِه من التفاعُلِ مع الهواءِ أو مع الرُّطوبة.

بِنْيةُ الجَدْولِ الدَّوْريّ

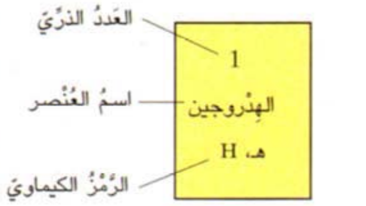
يتألَّفُ الجَدْولُ الدوريُّ من أربعِ مناطِقَ أو جَميعاتٍ رئيسيَّةٍ تُسَمَّى بالأحرف س (s) وَ پ (p) وَ د (d) وَ ف (f). تُشَكِّلُ المَجْموعتان 1 و 2 الجميعةَ س (s) إلى اليَمين. الجميعةُ پ (p) إلى اليَسار تحوي المَجْموعات 13 إلى 18. وتُشَكِّلُ الجَميعتان د (d) وَ ف (f) المَجْموعات من 3 إلى 12.

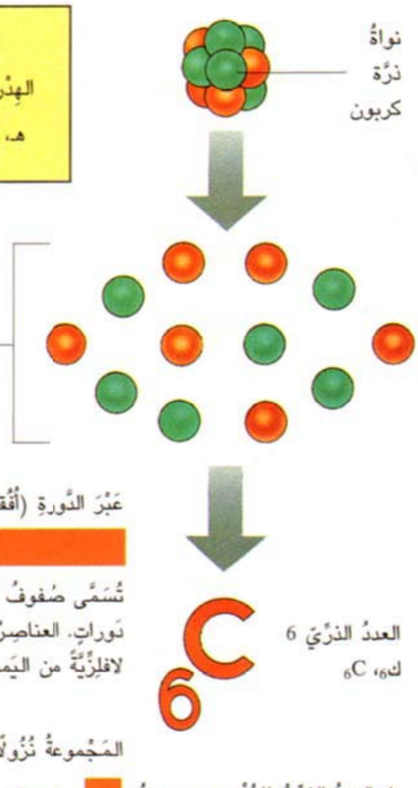
دَليلُ الجدْولِ الدَّوْريِّ بالشَّفْرةِ اللَّونيَّة

- جَميعةُ س (s)
- جَميعةُ ف (f)
- جَميعةُ د (d)
- جَميعةُ پ (p)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 الهدروجين هـ، H								
3 الليثيوم لث، Li	4 البريليوم بي، Be							
11 الصوديوم ص، Na	12 المغنسيوم مغ، Mg							
19 البوتاسيوم بو، K	20 الكالسيوم كا، Ca	21 السكانديوم سك، Sc	22 التيتانيوم ت، Ti	23 الفاناديوم فن، V	24 الكروم كر، Cr	25 المنغنيز من، Mn	26 الحديد ح، Fe	27 الكوبلت كو، Co
37 الروبيديوم بيد، Rb	38 السترنشيوم سر، Sr	39 الإتريوم يت، Y	40 الزركونيوم كز، Zr	41 النيوبيوم نب، Nb	42 الموليبدنوم مو، Mo	43 التكنتيوم تك، Tc	44 الروثينيوم ثن، Ru	45 الروديوم يم، Rh
55 السيزيوم سز، Cs	56 الباريوم با، Ba	71–57 اللَّنثانيدات	72 الهفنيوم هف، Hf	73 التنتالوم تا، Ta	74 التنجستن تن، W	75 الرنيوم نم، Re	76 الأزميوم مز، Os	77 الإريديوم يد، Ir
87 الفرانسيوم فر، Fr	88 الراديوم د، Ra	103–89 الاكتينيدات	104 انيلكواديوم انك، Unq	105 أنيلپنيتيوم أنب، Unp	106 أنيلهكسيوم انه، Unh	107 أنيلسبتيوم انس، Uns	108 أنيلكتيوم أتو، Uno	109 انيليتيوم أني، Une

57 اللنثانوم لن، La	58 السيريوم سي، Ce	59 البراسوديميوم بس، Pr	60 النيوديميوم مم، Nd	61 البروميثيوم بم، Pm	62 الساماريوم سم، Sm	63 اليوروبيوم يب، Eu	64 الجادولينيوم جد، Gd	65 التربيوم تب، Tb
89 الاكتنيوم كت، Ac	90 الثوريوم ث، Th	91 البروتكتنيوم بكت، Pa	92 اليورانيوم يو، U	93 النبتونيوم تو، NP	94 البلوتونيوم بل، Pu	95 الأمريشيوم مر، Am	96 الكوريوم كم، Cm	97 البركليوم بك، Bk





▲ العددُ الذرِّيُّ للعُنْصر هو عددُ البروتونات في الذرَّةِ الواحدةِ منه؛ وهذا العدد للكربون = 6. الرَّمْزُ الكيماويُّ للعُنْصر يُمكِنُ كِتابتُه مع العددِ الذرِّيِّ مَكْتوبًا إلى اليَسار تحت الرَّمْزِ الرئيسيّ.

عَبْرَ الدَّورةِ (أُفُقيًّا)

تُسَمَّى صُفوفُ العناصِرِ الأُفُقيَّةُ دَوراتٍ. العناصِرُ تُصبِحُ أكثرَ لافلِزِّيَّةً من اليَمينِ إلى اليَسار.

المَجْموعةُ نُزولًا

أعمدةُ العناصِرِ هي المَجْموعات. وللعناصر في المَجْموعةِ نَفْسِها خصائصُ مُتَماثِلة. ومع تزايُدِ العددِ الذرِّيِّ في المَجْموعة نُزولًا، تُبْدي العناصِرُ خصائصَ فلِزِّيَّةً مُتَزايدة.

عناصِرُ الجَميعة س (s)

عَناصِرُ الجميعة س (s) كُلُّها، عدا الهِدْروجين، شديدةُ الفاعليَّةِ الكيماويَّة. وهي فلِزَّاتٌ لَيِّنةٌ خَفيضةُ الكثافة. مُعظمُ فلِزَّاتِ المَجْموعة 1 تَنْصهِرُ على درجةِ حرارةٍ أقلَّ من 100°س، بينما مُعظمُ فِلِزَّاتِ المَجْموعة 2 تَنْصهِرُ على درجةِ حرارةٍ دُون 900°س. مُرَكَّباتُ عناصِر الجميعة س (s) تُسْتَخْدَمُ في تَلْوينِ الألْعابِ والأَسْهُم الناريَّة. وأَمْلاحُ الصوديُوم والبوتاسيُوم ضروريَّةٌ لِقيام الجُمْلةِ العَصَبيَّةِ بِعَملها كما يَنْبغي. أمَّا مُرَكَّباتُ المَغْنسيُوم فحيَويَّةٌ في تَخْليقِ اليَخْضور (الكلوروفيل) في النَّباتات.

عناصِرُ الجَميعة د (d)

عناصِرُ هذه الجميعة كلُّها صَلْدةٌ كثيفةٌ، ومُعظمُها يَنْصهِرُ على دَرجةِ حرارةٍ أعلى بقَدْرٍ مَلْحوظ من 1000°س. وهي تشمَلُ فِلِزَّاتٍ كالحديدِ والنُّحاس والتِّيتانيوم. عناصِرُ الجميعة د (d) أقلُّ فاعليَّةً كيماويَّةً من فلِزَّات الجميعة س (s) بكثير.

جميعُ فِلِزَّات الجميعة د (d) لها إلكترونٌ واحدٌ أو اثنان فقط في أغلفَتِها الخارجيَّة؛ لذا فإنَّ خصائصَها الكيماويَّةَ مُتَماثِلَةٌ. ورُغْمَ أنَّ العددَ الذرِّيَّ يزدادُ عَبْرَ كلٍّ من الدَّوْراتِ الثلاث، فإنَّ الإلكتروناتِ الزائدةَ تُدَوِّمُ داخِلَ الذرَّة، في مَداراتٍ أقربَ إلى النَّواة.

عناصِرُ الجَميعة پ (p)

عناصِرُ هذه الجَميعة خليطٌ من الفلِزَّات واللَّافلِزَّات. فالعناصِرُ الواقِعَةُ فوقَ خَطٍّ قُطْريٍّ يمتَدُّ من الألومنيوم إلى البولونيوم هي لافلِزَّات، والعناصِرُ الواقِعَةُ على هذا الخَطِّ وتحتَه فلِزَّات. القَصْديرُ والرَّصاصُ فلِزَّانِ نَمُوذجيَّان من الجميعة پ (p). فهما ألْيَنُ من فلِزَّاتِ الجميعةِ د (d) وأقلُّ فاعليَّةً كيماويَّةً.

غازاتُ النِّتْروجين والأُكسجين والفلُور والكلُور تقَعُ في اليَسار الأعلى للجميعةِ پ (p). والعناصِرُ التي تُؤلِّفُ المَجْموعة 18 تُسَمَّى الغازاتِ النبيلةَ، أو الخامِلَة، لأنَّها عديمةُ الفاعليَّة الكيماويَّة بالكاملِ تقريبًا.

عناصِرُ الجَميعة ف (f)

عناصِرُ هذه الجميعة كُلُّها فلِزَّاتٌ نادِرَة؛ وعناصِرُ الصَّف الأوَّلِ منها كُلُّها فائقة الفاعليَّة الكيماويَّة. أمَّا عناصِرُ الصَّف الثاني فكُلُّها مُشِعَّة، والكثيرُ منها عناصِرُ اصْطِناعيَّةٌ تُنْتَجُ في المُخْتَبَرات أو في قُلوب المُفاعِلات النَّوَويَّة.

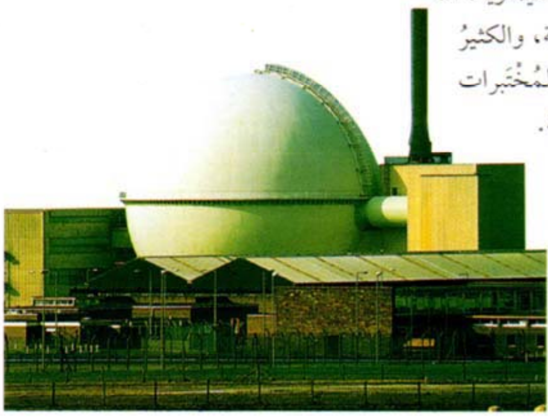
18	17	16	15	14	13	12	11	10
2 الهليوم هي، He								
10 النيون نن، Ne	9 الفلُور فل، F	8 الأُكسجين أ، O	7 النتروجين ن، N	6 الكربون ك، C	5 البورون ب، B			
18 الارجون غو، Ar	17 الكلور كل، Cl	16 الكِبْريت كب، S	15 الفُسْفور فو، p	14 السِّليكون س، Si	13 الالومنيوم لم، Al			
36 الكريبتون كن، Kr	35 البروم بر، Br	34 السلنيوم سل، Se	33 الزرنيخ ز، As	32 الجرمانيوم جر، Ge	31 الجليوم جا، Ga	30 الخارصين خ، Zn	29 النحاس نح، Cu	28 النيكل ني، Ni
54 الزِّنون نز، Xe	53 اليُود ي، I	52 التلوريوم تل، Te	51 الأنتيمون نت، Sb	50 القَصدير ق، Sn	49 الإنديوم ند، In	48 الكادميوم كد، Cd	47 الفِضة ف، Ag	46 البلاديوم لد، Pd
86 الرادون ر، Rn	85 الاستاتين ست، At	84 البولونيوم بن، Po	83 البزموث بز، Bi	82 الرُّصاص صا، Pb	81 الثاليوم ثل، Tl	80 الزئبق بق، Hg	79 الذهب ذ، Au	78 البلاتين بت، Pt

▲ عناصِرُ المَجموعةِ 18 من الجدولِ الدَّوْريِّ تُسَمَّى أحيانًا الغازاتِ النبيلةَ. الهِلْيُوم، أخَفُّها، له إلكترونان فقط. وجميعُ العناصِر الأُخرى في هذه المَجْموعة ذاتُ ثَمانية إلكترونات في أغلفتِها الخارجيَّة. هذه الترتيباتُ مُسْتَقِرَّةٌ جِدًّا وتفَسِّرُ انعِدامَ الفاعليَّةِ الكيماويَّة لهذه العناصِر.

71 اللوتشيوم لو، Lu	70 الإيتيربيوم تر، Yb	69 الثوليوم ثم، Tm	68 الإربيوم ير، Er	67 الهولميوم هل، Ho	66 الديسبروسيوم سب، Dy
103 اللورنسيوم لر، Lr	102 النوبليوم نو، No	101 المندلفيوم مد، Md	100 الفرميوم فم، Fm	99 الاينشتينيُوم ين، Es	98 الكاليفورنيوم كف، Cf



مُحَرِّكُ هذه الدرَّاجة الناريَّة مَصْنوعٌ في مُعظمِه من سَبائك (خليطات) الألومنيُوم والحديد – حيثُ كِلا الفلزَّين مُزِجا مع كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من عناصِرَ أُخرى لِصُنْعِ السَّبيكة. وهذه المَوادُّ مُصَمَّمةٌ لِمُقاومةِ البِلَى والتآكُلِ الميكانيكيّ.



▲ اليُورانيُوم هو أحدُ الوُقُدِ المُسْتَخْدَمةِ في مَحطَّاتِ القُدرةِ النَّوَويَّة، وهو العُنْصر 92 ذو العددِ الذرِّيِّ الأعلى بين جميع العناصِر المُتَواجدَة طبيعيًّا. تَنْطَلِقُ طاقةٌ عندما تَنْفَلِقُ النواة لِتُكوِّنَ عناصِرَ أُخرى.



يُسْتَخدَمُ الكثيرُ من الغازاتِ النبيلة في الإنارة. المِصباحُ في هذه المَنارة يَسْتَخْدِمُ الزِّنون لإنتاجِ ضَوءٍ أبيضَ مُزرَقٍّ بالِغِ الجِدَّة والسُّطوع.

انْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149

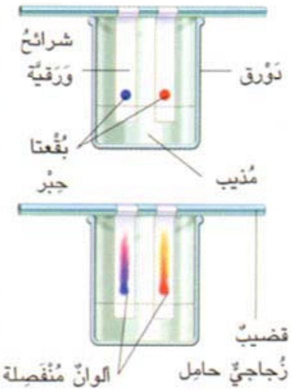
التَّرابط والتَّكافؤ ص 166 – 167

خصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197

التَّحليلُ الكيماويّ

يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون مَجْموعاتٍ مُنوَّعةً من التِّقانات والمُعَدَّاتِ لتَعَرُّفِ العناصرِ أو المُركَّباتِ الكيماويَّةِ في عَيِّنةٍ ما وتَحْديدِ كمِّيَّاتِها وكيفيَّةِ تَراتُبِها.

يَستَخْدِمُ الكيميائيُّون ثلاثةَ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من التحاليل. **فالتَّحليلُ النَّوعيُّ** يكشِفُ ماهيَّةَ العناصرِ أو المُركَّباتِ الموجودة في العَيِّنة. ومن أمثِلته التفاعُلاتُ الضئيلةُ المَقادير في أنابيبِ الاختبار والاستِشْرابُ الكروماتوغرافيّ والإستِشْرادُ (الرَّحلانُ الجُزَيْئيّ الكهربائيّ). **والتَّحليلُ الكَمِّيّ** يَقيسُ كمِّيَّاتِ أو مَقاديرَ العناصر أو المُركَّبات في العَيِّنة، كالمُعايرَة التي تُستَخْدمُ في تَرْكيزاتِ المَحاليل. أمَّا **التَّحليلُ البِنْيَويُّ** (النمط الثالث) فيَستَخْدِمُ الأَشِعَّةَ السِّينيَّةَ، أو إشعاعاتٍ أُخرى لِتَقصِّي ترتيبِ الذرَّات في البِلَّورات أو تحديدِ أشكالِ الجُزَيْئات.



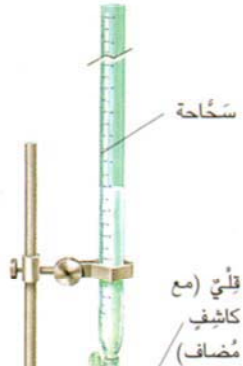
يُمكِنُ استِخْدامُ طريقةِ الاستِشْراب الوَرَقيّ الكروماتوغرافيّ لِفَصْلِ الأَصْبِغَةِ في أنواعِ الحِبْر. فَمَعَ تَصاعُدِ المُذيبِ بِبُطءٍ عَبْرَ الوَرَقة تَتحرَّك الأصبِغَةُ بِسُرعاتٍ مُختلِفةٍ مُنْفَصِلةً بعضُها عن بعض.

الاستِشْراب (الفَصْلُ الكروماتوغرافيّ)

يُستَخْدَمُ الاستِشْرابُ الوَرَقيُّ لِفَصْلِ مَزيجاتِ المُركَّباتِ المُلوَّنة، كمُختلِف أنواعِ الحِبْر. فمَعَ انتِشار المُذيبِ عَبْرَ القطعةِ الورقيَّةِ الماصَّةِ تَنتقِلُ معَه الأَصبِغَةُ في المَزيج. والمَسافةُ التي يَقطَعُها كُلُّ لَوْنٍ تَعْتَمِدُ على مَدى شِدَّةِ التِصاقِه بالشريحة الوَرَقيَّة.

المُعايَرةُ الكيماويَّة

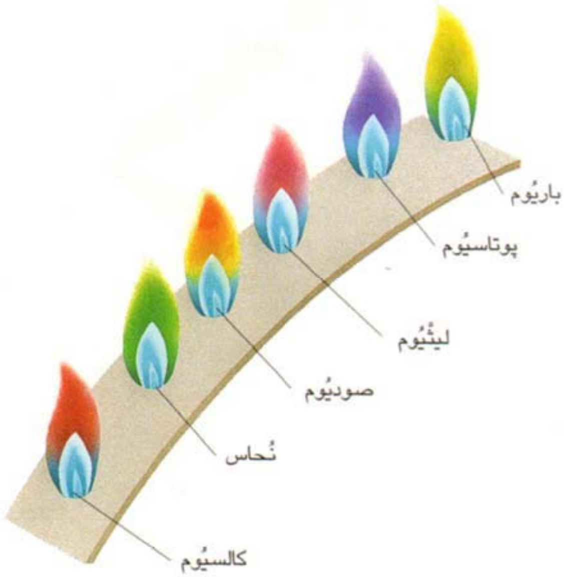
المُعايَرةُ بالتَّحليل الحَجْميِّ تَقيسُ حُجومَ المَحاليل التي يَتفاعَلُ بعضُها مع بَعض. ويُستَدَلُّ على اكتِمال التفاعُل بِتَغيُّرِ لَون الكاشِف. ومن ثَمَّ، يُمكِنُ احتِسابُ حَجْمِ أَحدِ المَحْلولَيْن الذي دخلَ التفاعُل وغَيَّر لونَ الكاشِف.



▲ في المُعايَراتِ الحامضيَّةِ القِلْويَّةِ يُقَطَّرُ حامِضٌ ذو قوَّةِ تركيزٍ مَعْروفةٍ في دَوْرقٍ يَحْوي قِلْيًا وكمِّيَّةً قليلةً من كاشِفٍ مُعَيَّن. يُمكِنُ احتِسابُ كمِّيَّةِ القِلْي في الدَّوْرق من كمِّيَّةِ الحامضِ اللازمةِ لِتَغْييرِ لونِ الكاشِف.



◄ هل أَفْرطَ هذا السَّائقُ في تناوُلِ الكحول؟ إنَّ مُحَلِّلَةَ النَّفَسِ هذه تَقيسُ تركيزَ بُخارِ الكُحول في زَفيره.



تُساعِدُ اخْتِباراتُ اللَّهَب في تعَرُّفِ بعضِ العناصِر الكيماويَّة. فَبُرْشَةٌ من عَيِّنةٍ على طرَفِ سِلكٍ من البلاتين تُكسِبُ لهَبَ حاروقِ بنْزِن لَوْنًا مُمَيَّزًا.

الاخْتِباراتُ الكيماويَّة

يُمكِنُ للكيميائيِّين غالبًا تعَرُّفُ العناصِرِ والمُركَّباتِ من نتائجِ الاختِباراتِ الكيماويَّةِ التي يُجْرونها مُستَخْدِمين أنابيبَ اختبارٍ وكواشِفَ كيماويَّةً وأجهزَةً مِخْبَريَّةً بَسيطة. فالمُركَّباتُ الكربوناتيَّة، مثلًا، تتفاعَلُ دائمًا مع حامضِ الهَيْدروكلوريك المُخَفَّف لِتُنْتِجَ فقاقيعَ من غازِ ثاني أُكسيد الكربون. واختِباراتُ اللَّهَب هي أبسَطُ الاختبارات – فبعضُ الفِلِزَّاتِ التي تَتواجَدُ في المُركَّباتِ تُكسِبُ لَهَبَ حاروق بنْزِن ألوانًا مُمَيَّزة. وإجراءُ الاختِباراتِ بِنَسَقٍ مُنتَظِمٍ يُمَكِّنُ من تَحديد مُعظَمِ الموادِّ البَسيطة.



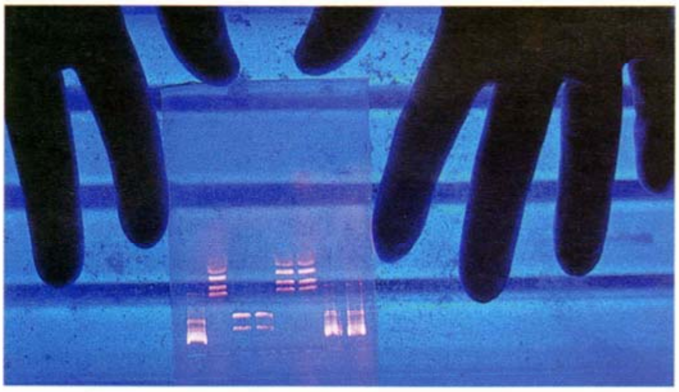
هذه الباحِثَةُ تَستَخْدِمُ مُعَدَّاتِ حُيودِ الأشِعَّةِ السينيَّةِ لِتَحْديد بِنْيةِ أحدِ البروتينات. إنَّ نَمطَ الذرَّات المُتكرِّر في بِلَّورةٍ من البروتين يُشَتِّتُ حُزَمَ الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ التي تَمُرُّ عَبْرَ البِلَّورة. والمِحَسَّاتُ حولَ العَيِّنةِ تُغَذِّي المَعْلوماتِ حولَ النَّمطِ المُشَتَّت إلى الحاسُوبِ الذي يُحَلِّلُ النَّمطَ ويَحْتسِبُ بِنْيةَ البروتين.

الاستِشْراد (الرَّحلانُ) الكَهْربائيّ

الاستِشرادُ الكَهْربائيّ مَثِيلٌ مَبْدئيًّا للاستِشْراب، لكِنَّه يَستَخْدِمُ تيّارًا كهربائيًّا بدَلًا من سائلٍ مُتَحَرِّكٍ لِفَصْلِ الموادِّ في مَزيج. فهو مثلًا يُسْتَخْدَمُ في طباعةِ بَصَماتِ الاستِدلال الجينيَّةِ (الوِراثيَّة) لِتعَرُّفِ الأفراد. فالأَنْزيماتُ تُفكِّكُ د ن أ من الخلايا الجَسَديَّةِ إلى شَقَفٍ دَقيقة. ويُوضَعُ مَحْلولٌ من هذه الشَّقَف على مادَّةٍ هُلاميَّةٍ خاصَّة. فتَنْتَقِلُ الشَّقَفُ بسُرعاتٍ مُختلِفةٍ في اتِّجاهِ التيّار الكهربائيّ؛ وتَنْفَصِلُ بعدَ هُنَيْهةٍ إلى حُزَمٍ مُختلِفة. والمَعروفُ أنَّ د ن أ من الشَّخص يُنْتِجُ نَمَطًا فريدًا مُتمَيِّزًا من هذه الحُزَمِ كما بَصَماته.



▲ في المَرْحلةِ النِّهائيَّةِ من أخذِ بَصَماتِ الاستِدْلال الجينيَّة، تُسْقِطُ ماصَّةٌ مِخْبَريَّةٌ قَطَراتٍ تحوي شَقَفَ د ن أ فوقَ صفيحةٍ زُجاجيَّةٍ مُغَطَّاةٍ بِطَبقةٍ هُلاميَّة.



▲ حُزَمُ د ن أ المُنْفصلةُ المُتألِّقةُ باللَّونِ الوَرْديِّ في ضَوءٍ فوقَ البَنَفسجيّ تُساعِدُ في تعَرُّفِ المُجْرمين من الآثارِ التي يَتْركونها في مَواقعِ جَرائمهم.

علمُ البلَّورات بالأشِعَّة السِّينيَّة

هذا الأُسلُوبُ التِّقنيُّ يَبْتَعِثُ حُزْمةً من الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ عَبْرَ عَيِّنةٍ بِلَّوريَّة من المادَّة مَوضعِ الدَّرس. الذرَّاتُ داخِلَ البِلَّوراتِ مُرَتَّبةٌ في أنماطٍ مُنْتَظِمة؛ وصُفوفُ الذرَّاتِ تعمَلُ كَمَحْزوزِ حُيودٍ يُشَتِّتُ الأشِعَّةَ السِّينيَّة؛ والتَّداخُلُ بين الأشِعَّةِ المُختلِفة يُغَيِّرُ شِدَّتَها تَبَعًا للزَّاويةِ التي تُغادرُ بها الأشِعَّةُ البِلَّورة. وتَقيسُ المِحَسَّاتُ المُفَسَّحةُ حولَ البِلَّورة شِدَّةَ الأشِعَّةِ السِّينيَّة. ويَسْتَخْدِمُ حاسُوبٌ هذه القِياساتُ لِيَعرِضَ صورةً لِلْبِنْيةِ البِلَّوريَّة للعَيِّنة.

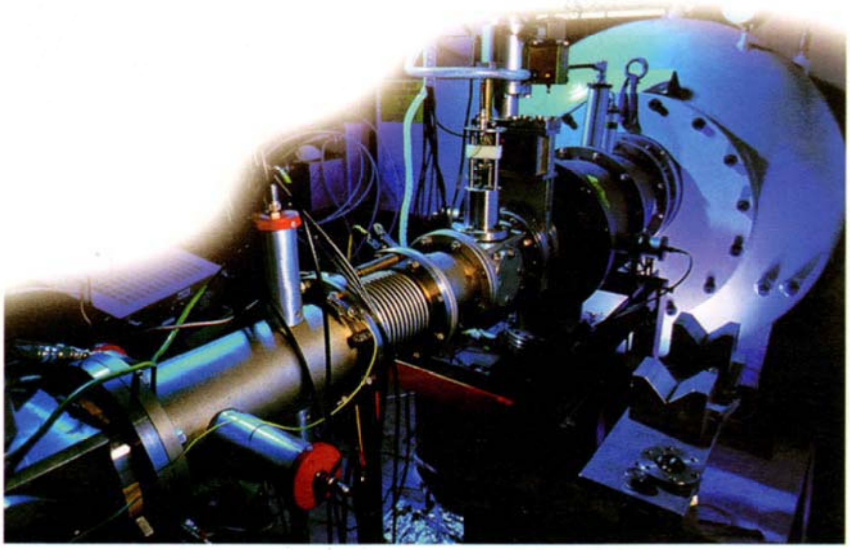
التأريخُ بالكربون

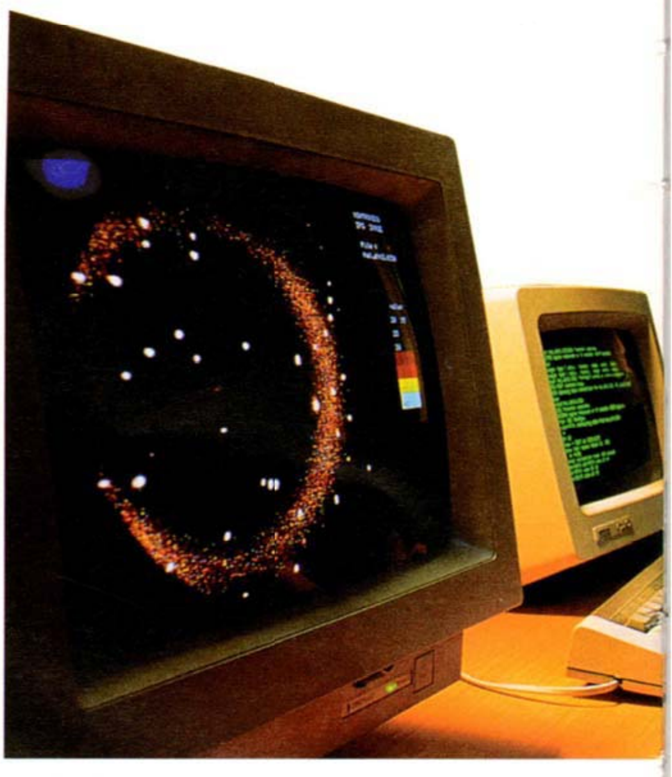
أساسُ بِنْيةِ جميعِ الكائنات الحَيَّة جُزَيئاتٌ تَحوي ذرَّاتِ الكربون. ومَصْدَرُ هذه الذرَّاتِ هي النَّباتاتُ التي تَنْمُو بامتِصاص ثاني أُكسيد الكربون من الهواء. المعروفُ أنَّ مُعظمَ ذرَّاتِ الكربون هي من الكربون$_{12}$؛ لكنْ هنالك نِسْبةٌ ضئيلةٌ من ذرَّاتِ الكربون غيرِ المُسْتقِرَّةِ تحوي نيُوتْرونين إضافيَّيْن - هي ذرَّاتُ الكربون$_{14}$.

ورُغْمَ أنَّ الكربون$_{14}$ يَضْمَحِلُّ مع الزَّمن، فإنَّ تَخْليقَه جارٍ باستِمْرارٍ بصَدمِ الأشِعَّةِ الكونيَّة لذرَّاتِ النِّتْروجين في أعالي الجَوّ - بحيثُ تَبْقى كمِّيَّتُه الإجماليَّةُ ثابتةً في الهواء. وتَبْقى نِسْبةُ الكربون$_{14}$ إلى الكربون$_{12}$ ثابتةً في أجسامِ المُتعَضِّيات أثناءَ الحياة. وعند المَوت، يَضْمَحِلُّ كـ$_{14}$ في البَقايا أو الرُّفاتِ ولا يَجْري تَعْويضُه. وهكذا فإنَّ نِسْبةَ كـ$_{14}$ إلى كـ$_{12}$ يُمكِنُ أن تُسْتَخدَمَ للكَشْف عن أعمارِ النباتات والحيواناتِ التي عاشَتْ منذُ آلافِ السِّنين.



التاريخُ بالكَرْبون المُشِعّ يُمَكِّنُ من تحديدِ عُمْر هذه المُومياء المِصْريَّةِ القديمة.





التاريخُ بالكربون المُشِعّ يُحَدِّدُ عُمْرَ عَيِّنةٍ ما بِمُقارنةِ كمِّيَّةِ نظير الكربون$_{14}$ المُشِعّ بكمِّيَّةِ الكربون$_{12}$ العاديّ فيها. وبتناقُصِ نِسْبةِ الكربون$_{14}$ إلى الكربون$_{12}$ يَزْدادُ عُمْرُ العَيِّنةِ قِدَمًا. هذا المِطْيافُ الكُتْليُّ يُحْصِي العددَ الضئيلَ المتواجِدَ من ذرَّات الكربون$_{14}$.

أُنْظُر أيضًا

الجيناتُ والكروموسُومات ص 135

المَحاليل ص 158 – 159

التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163

حَالاتُ المادَّة

الجَامدُ والسَّائلُ والغازُ هي الحالاتُ العامَّة الطبيعيَّة الثلاث للمادَّة. وهي ذاتُ بِنًى بَيِّنَةُ الاختِلاف. الموادُ النقِيَّةُ تَنْصَهِرُ وتَغْلي على درجاتِ حرارةٍ ثابتة.

تتألَّفُ المادَّةُ من جُسَيْماتٍ قد تكونُ ذرَّاتٍ أو جُزَيئاتٍ أو أيوناتٍ مُنْفَصلة (أنظُر ص 166). ورُغْمَ أنَّ هذه الجُسَيْماتِ غالبًا ما تكون ذاتَ أشكالٍ مُعقَّدة، فإنَّ الكيميائيِّين يَستَخْدمون كُرَاتٍ في تمثيلهِمْ نماذِجَ من الجوامدِ أو السِّوائل أو الغازات.

القُوى التي تَجْذِبُ الجُسَيْماتِ بعضَها إلى بعض، في أيِّ مادَّة، تُقاوِمُ طاقةَ الجُسَيْمات؛ هذا يَجْعَلُها تتحرَّك. هذه الطاقةُ، المُسَمَّاةُ طاقةَ الحَرَكة، تَتزايَدُ بازْديادِ درجةِ الحرارة. وتكونُ المادَّةُ جامدًا أو سائلًا أو غازًا نتيجةَ لِهذا التوازُنِ بين طاقةِ الحَرَكة وقُوى التجاذُب.

الجوامدُ والسَّوائل

تكونُ الموادُ جوامدَ عندما تكونُ قُوى التجاذُبِ بين جُسَيماتِها قويَّةً بما فيه الكِفاية لِتَمْنعَ الجُسَيْماتِ من التحرُّكِ بحُرِّيَّة. الجوامدُ ذاتُ أشكالٍ ثابتةٍ لأنَّ جُسَيْماتِها مُتماسكةٌ بقُوَّة، غالبًا في نُسقٍ، مُنْتَظِمةٍ تُسَمَّى شَبيكات. والبِلَّوراتُ أمثِلَةٌ على شَبيكاتٍ فائقةِ الانتِظام النَّسَقيّ.

السَّوائلُ هي موائعُ – أي إنَّها تستطيعُ تغييرَ شَكْلِها. وفي مَجالٍ جاذبيٍّ، كما هي الحالُ على سَطحِ الأرض، فإنَّها تَتجمَّعُ في قَعْرِ الوِعاء، وتَتَّخِذُ سَطْحًا عُلْوِيًّا مُسطَّحًا. إنَّ قُوى التجاذُبِ بين الجُسَيْمات في السوائلِ أضعفُ من أنْ تَجْعلَها تتماسَكُ في تشكيلٍ جاسِئ. لكِنَّها تَستطيعُ الانْزلاقَ بِسُهولةٍ ويُسْرٍ بعضُها عَبْرَ بعض.

الغـازات

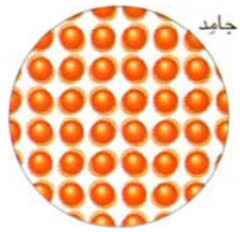
تكونُ الموادُ في الحالة الغازيَّةِ عندما تكونُ طاقةُ حَرَكةِ جُسَيْماتِها كبيرةً بما فيه الكِفاية لِتَتَغَلَّبَ تمامًا على القُوى التي تَجْتَذِبُها فيها. والغازاتُ، كما السوائلُ، موائعُ تُغَيِّرُ شَكْلَها لِتُلائمَ الأوعيةَ التي تتواجَدُ فيها. لكِنَّها، بخِلافِ السَّوائل ذاتُ طاقةِ حَرَكةٍ كافيةٍ لِتَنْتَشِرَ وتَمْلأَ كامِلَ تلك الأَوعية.

نِقاطُ (دَرَجاتُ) الانْصِهار

يُمكِنُ أنْ تَتغَيَّرَ المادَّةُ من الحالةِ الجامدة إلى السَّائلةِ ثُمَّ إلى الغازيَّةِ أو العَكْس، إذا ما تَغَيَّرتْ طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِها. طاقةُ الحَرَكة تَزْدادُ أو تَنْقُص بتَغيير دَرجةِ الحرارة؛ ونُقْطةُ الانْصِهارِ لأيِّ مادَّةٍ هي درجةُ الحرارة التي تكونُ عندها طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِ المادَّةِ كافيةً تمامًا لِتَحْريرِ الجُسَيْمات من بِنْيَتِها الشَّبيكيَّةِ الجاسئة. إنَّ كمِّيَّةَ الطاقة اللَّازمة لِصَهْرِ الجامد تعتَمِدُ على شِدَّةِ قُوى التجاذُب فيه. فالقُوى في الحديد، الذي يَنْصَهِرُ على درجة 1535°س، هي أقوى بكثير منها في الأُكسجين، الذي يَتجمَّدُ على – 219°س.



يُصَبُّ الحديدُ المُنْصهرُ المُبْيَضُّ لِشِدَّةِ درجة الحرارة في قوالبَ في عمليَّةِ السَّبْك أو الصَّبّ. وعندَ هُبوطِ درجةِ الحرارة دونَ 1535°س، يتجمَّدُ الحديدُ مُتَّخِذًا شكْلَ القالَب.



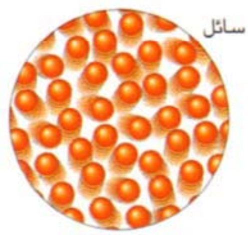
جامِد

جُسَيْماتُ الجامِدِ مُرتَصَّةٌ وقويَّةُ التماسُك. وهي تُشكِّل غالبًا نَمَطًا مُنْتظِمًا يُسَمَّى نسَقًا شَبيكيًّا. جُسَيْماتُ الجامِدِ لا تتحرَّكُ بحُرِّيَّة – بلْ تتذَبْذبُ حولَ نِقاطٍ ثابتةٍ في النَّسقِ الشَّبيكيّ.



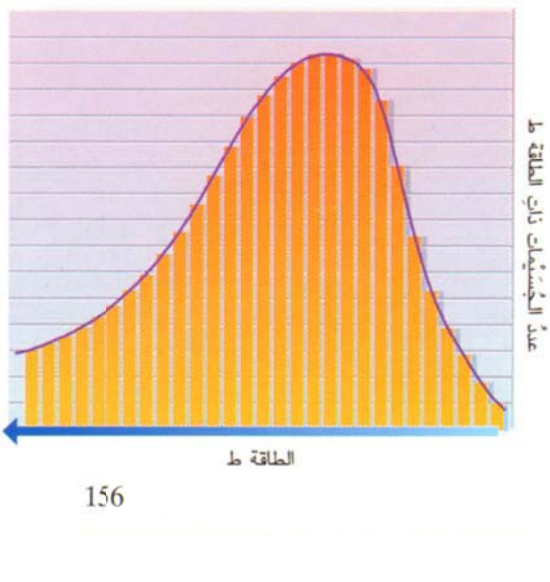
غاز

تَنْتشِرُ جُسَيْماتُ الغاز أكثرَ بكثيرٍ مِمَّا في الجوامد. فهي تتَحَرَّكُ بسُرعاتٍ كبيرةٍ – حوالى 300 كيلومتر في الساعة – وتتصادَمُ على الدوام بعضُها مع بعض ومع جُدْرانِ الوعاءِ الذي يَحْتَويها.

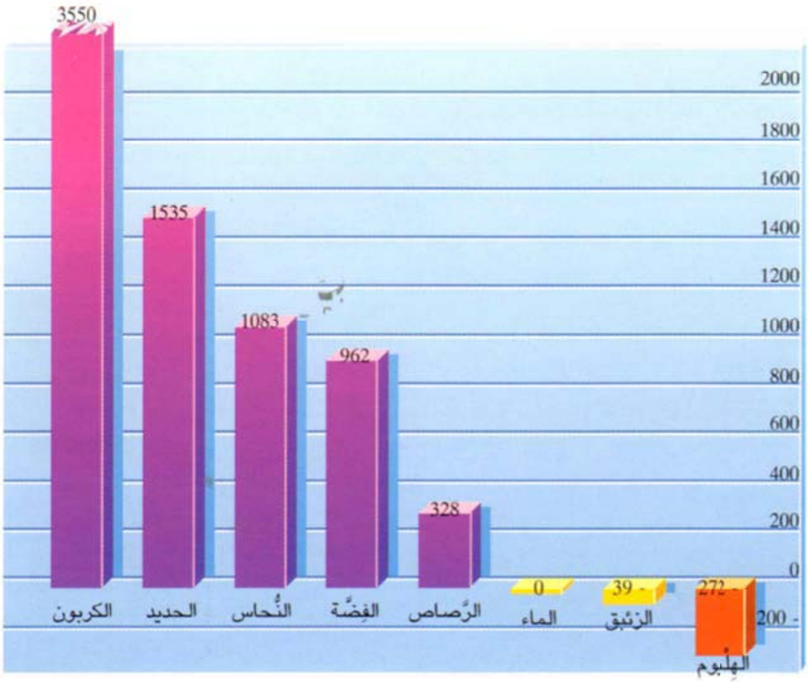


سائل

جُسَيْماتُ السَّائل تَسْتطيعُ الحركةَ في أيِّ اتِّجاهٍ بحُرِّيَّة، والانزلاقَ بعضُها عَبْرَ بعض كجُسَيْماتِ الغاز. لكِنَّها مُرتَصَّةٌ بتَقارُبٍ أكثرَ أشبَهَ بارتِصاص جُسَيْماتِ الجامد.

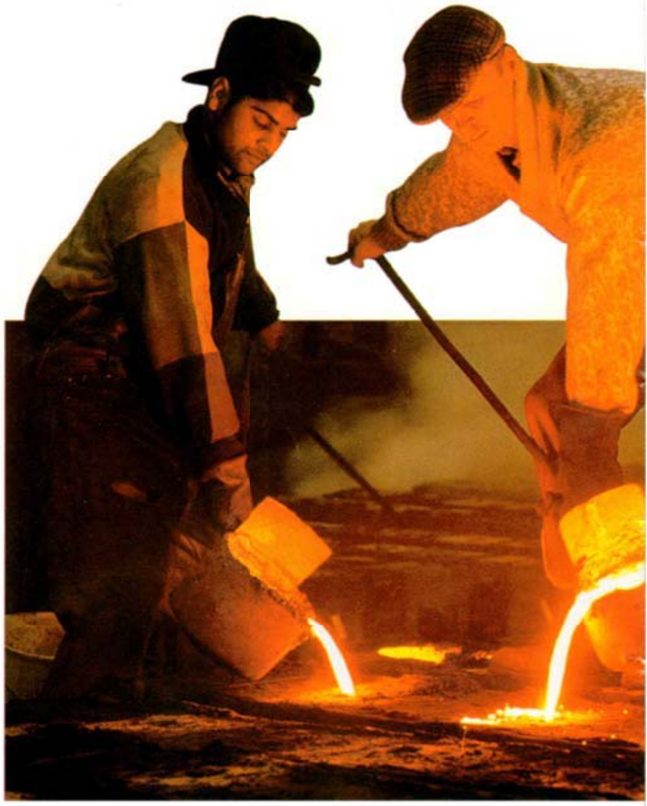


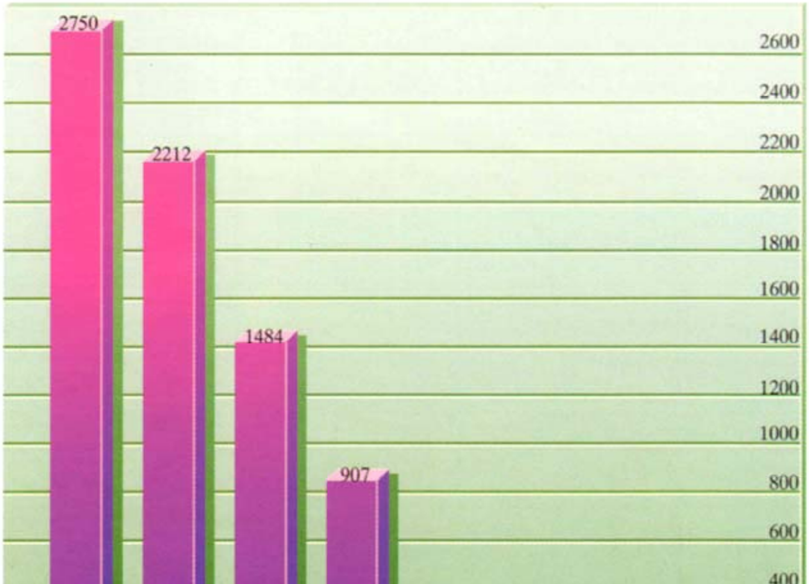
◄ هذا الرَّسْمُ البيانيُّ يُبَيِّنُ انتِشارَ طاقاتِ الجُسَيْمات في جامدٍ أو سائلٍ أو غاز. فبازْديادِ الطاقةِ تَزْدادُ سُرعةُ تحرُّكِ الجُسَيْمات أو تَذَبْذبها. مع مُلاحظةِ أنَّ الجُسَيْماتِ ذاتِ الطاقةِ العاليةِ جِدًّا أو الخَفيضةِ جِدًّا قليلةٌ.



▲ تعتمِدُ نُقطةُ انْصهار المادَّة على التجاذُبِ بين جُسَيْماتِها. هذه القُوَّةُ ضعيفةٌ جِدًّا في حالِ الهِلْيُوم الذي لا يتجَمَّدُ إلَّا على ضَغْطٍ يَزيدُ 25 مرَّةً على الضَّغْط الجَوِّيّ.

▼ تعتمِدُ نِقاطُ الغَلَيان أيضًا على الضَّغْط وعلى قُوَّةِ التجاذُبِ بين الجُسَيْمات. فنُقْطةُ غَلَيان الماء على قِمَّةِ جبَل إفْرِسْت أخفضُ بِـ 28°س منها على مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر.





نِقاطُ (درَجاتُ) الغَلَيان

يكونُ السَّائلُ في حالةِ غَلَيانٍ عندما تَتولَّدُ بداخلِه فَقاقيعُ البُخار وتَتصاعَدُ نحوَ السَّطح ثُمَّ تَنْفَجِرُ غازًا. إنَّ نُقْطةَ غَلَيانِ المادَّة هي دَرجةُ الحرارة التي تكونُ عندها طاقةُ الحَرَكة لِجُسَيْماتِ المادَّة كبيرةً بما يكفي لتتخَلَّصَ من القُوى التي تَشُدُّها معًا. وكما هي الحال في نِقاطِ الإنْصِهار، فإنَّ لِكُلِّ مادَّةٍ نَقِيَّةٍ نُقْطةَ غَلَيانها الخاصَّة. مثلًا، يَغلي الماءُ على درجةِ 100°س لِيُكوِّنَ بُخار ماء؛ ونُقْطةُ غَلَيان الهِدْروجين السَّائل هي - 260°س؛ ويَغلي الإيثانول على درجة 79°س.

ليسَتْ كُلُّ الموادِّ تَنْصَهِرُ قَبْلَ غَلَيانِها. فبعضُ الجوامد يتحَوَّلُ مُباشرةً إلى الحالةِ الغازيَّة دُونَ المُرورِ عَبْرَ حالةِ السُّيولة. وهذا يُسَمَّى التَّصْعيدَ أو التَّسامي. فثاني أُكسيد الكربون الجامد (الجليدُ الجافّ) هو مادَّةٌ تَتسامَى - أي تَتحوَّل مباشرةً إلى غاز ثاني أكسيد الكربون على درجة - 78,5°س.

الشَّوائبُ والضَّغْط

الشَّوائبُ (الكمِّيَّاتُ الضئيلةُ في مادَّةٍ من مَوادَّ أُخرى) والضَّغْطُ كلاهما يُؤثِّران في دَرَجاتِ الغَلَيان والإنْصِهار. فالضغطُ العالي يَكْبِسُ الجُسَيْمات معًا، بحيثُ يَلْزَمُها طاقةُ حَرَكةٍ أكثَرُ كي تَنْصهرَ أو تَغْلي. وهذا يَعْني أنَّ نُقْطتَي الغَلَيان والإنصِهار تزدادان على الضَّغْطِ العالي. كذلك فإنَّ الشَّوائبَ تُغيِّرُ نُقْطتَي الغَلَيان والإنْصِهار بسبَبِ تدَخُّلِها في القُوى بين الجُسَيْمات. لذا يَنْصهِرُ الجليدُ عندما يُرَشُّ عليه المِلْح، وكذلك يَزيدُ المِلْحُ أيضًا نُقطةَ غَلَيان الماء.

أُنْظُر أيضًا

التَّرابطُ والتكافؤ ص 166 – 167
خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195
تَشْكيلُ الموادّ ص 204 – 205
الطاقةُ الكامِنةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293

المَحاليل

تتألَّفُ المَحاليلُ من مادَّةٍ واحدةٍ أو أكثرَ مُذابةٍ في مادَّةٍ أُخرى. وأكثَرُ المَحاليلِ شُيوعًا هي الجَوامدُ أو الغازاتُ المُذابةُ في سَوائل.



إذا قَلَّبْتَ قليلًا من مِلحِ الطعام في كُوبِ ماءٍ فإنَّ بلَّوراتِ المِلْحِ الجامدةَ تبدأُ بالذَّوبان في الماء لِتُكوِّنَ مَحْلولًا. في هذا المَحْلول، المُذابُ (أي المادَّةُ المُذابة) هو الملح، والمُذيبُ (أي المادَّة المذيبة) هو الماء. المُذيباتُ المُختلِفةُ تُذيبُ مُذاباتٍ مُختلِفةً. مثلًا، الملحُ يَذوبُ في الماء لكِنَّه لا يَذوبُ في الكُحولِ النقيِّ ولا في البِنْزين. لكِنَّ السُّكَّرَ يَذوبُ في المُذيباتِ الثلاثة - الماءِ والكحُولِ النقِيِّ والبِنْزين.

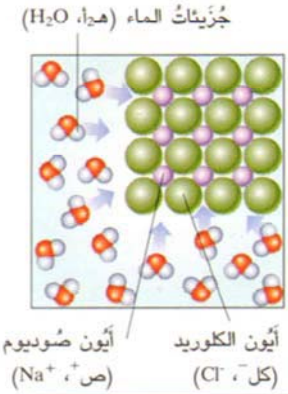
الذَّوبان

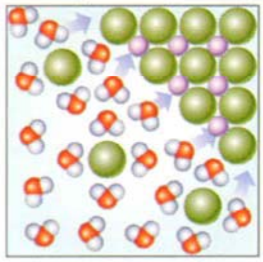
تتألَّفُ الجوامدُ من جُسَيْماتٍ مُرتَصَّةٍ بشِدَّةٍ في نَسَقٍ ثابت بفِعل قُوى التجاذُبِ القويَّةِ بينها. وجُسَيْماتُ السائلِ دائمةُ الحَرَكة. فعندما يُلامسُ الجامدُ السَّائلَ، تَصُكُّ جُسَيْماتُه سطحَ الجامد. ونَتيجةً لهذه الصَّدَمات تُزاحُ بعضُ جُسَيْمات الجامِد من مواقعها. ويتكَوَّنُ مَحْلولٌ إذا كان انجذابُ هذه الجُسَيْمات إلى جُسَيْماتِ السائلِ أقوى من انجذابِ بَعْضِها إلى بَعض. ومع اطِّرادِ ذَوبان الجامِد تُحيطُ جُسَيْماتُ المُذيب بجُسَيْماتِ المُذاب؛ والناتِجُ هو المَحْلول.

الذَّوبانيَّةُ والتبَلْوُر

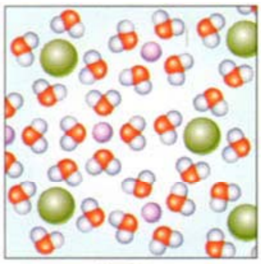
كُتلةُ المُذاب التي يُمكِنُ أنْ تُذابَ في لِترٍ واحدٍ من المُذيب (على دَرجَةِ حرارةٍ مُعَيَّنة) تُسَمَّى الذوبانيَّة (أو الذَّائبيَّة). والمَحْلولُ الذي يَحْوي الكمِّيَّةَ القُصْوى المُمْكنة من المُذاب يُسَمَّى مَحْلولًا مُشْبَعًا. والمَعروفُ أنَّ ذَوبانيَّةَ مُعظمِ الجوامِد تَزْدادُ بارتفاعِ درجاتِ الحرارة.

إذا تُرِكَ مَحْلولٌ في وِعاءٍ مفتوحٍ أو مَكشوف، يَتَناقَصُ حَجْمُ السائلِ بتَبَخُّرِ المُذيب؛ عِلْمًا أنَّ المُذابَ لا يَتبَخَّر. وبعدَ مُضيِّ فَتْرةٍ من الزَّمَن، تقِلُّ كَمِّيَّةُ المُذيبِ المَوجودةُ، ولا تَعودُ كافيةً لإذابةِ كُلِّ المُذاب. فيَتشَبَّعُ المحلولُ (أي يُصبِحُ مُشبَعًا) ثُمَّ، مع استِمرارِ تبَخُّرِ المُذيب، تَبدأُ بلَّوراتُ المُذابِ الجامِدةُ بالتشَكُّل.





جُزيئاتُ الماء تَشُدُّ الأيُونات بَعيدًا عن بِلَّورةِ المِلْح.



جُزيئاتُ الماءِ تُحيطُ بالأيُوناتِ في المَحْلول.

▲ تتألَّفُ حُبَيْباتُ المِلْح من أيُونات الصوديوم (ص+، Na^+) وأيُوناتِ الكلوريد (كل−، Cl^-) مُترابِطةً معًا في تكوينٍ يُسَمَّى شَبيكةً بلَّوريَّة. الماءُ يُذيبُ المِلْحَ بِشَدِّ الأيُوناتِ بعيدًا عن شَبيكَتِها وإحاطتِها بِجُزَيئاتِه هو.



◄ يَحوي اللِّتْرُ الواحدُ من ماءِ البَحْر حوالى 32 غرامًا من المِلْح. ويُستَحْصَلُ على مِلْحِ الطعام بِحَصْرِ ماءِ البَحْر في بِرَكٍ ضَحْلةٍ تُسَمَّى ملَّاحاتٍ يتبَخَّرُ منها الماءُ بحرارةِ الشَّمْس - فيَتبَلْوَرُ المِلْحُ ويُجْمَعُ أكوامًا ليجِفَّ.



تتكوّنُ بلّوراتُ الصقيع عندما يَبْردُ الهواءُ الرَّطْبُ إلى ما دُون درجة الصِّفر °س. نتُكَوَّنُ الرُّطوبةُ المُذابةُ في الهواء قَطَراتٍ من الماء تَسْتَقِرُّ على السُّطوحِ الباردة وتتجمَّد. هذه الأنماطُ البَديعةُ التفاصيل هي بلّورات جَليديَّة.

الغَازات

الغازاتُ أيضًا تَذوبُ في السَّوائل لِتكوِّنَ مَحاليلَ - مع مُلاحظةِ أنَّ ذَوبانيَّةَ الغازاتِ تَتناقَصُ بازدِيادِ دَرجةِ الحرارة. لذا تتكوَّنُ فقاقيعُ صغيرةٌ من الهواءِ في الماء المُسَخَّنِ قبْلَ غَلَيانِه بوَقتٍ طويل. لكنَّ الزيادةَ في ضَغْطِ الغاز تَجْعَلُ المَزيدَ مِنْه يَذوبُ في السائل. وهكذا فإنَّ ذَوبانيَّةَ الغاز تُقاسُ على درجةِ صفرٍ °س وضَغْطٍ جَوّيّ عياريّ واحد. مثلًا، ذَوبانيَّةُ الأُكسجين هي 49 سم3 في لِتْرٍ من الماء تحتَ هذه الظُّروف.

كذلك فإنَّ السوائلَ أيضًا تَذوبُ في الغازات. مثلًا، يَتبَخَّرُ الماءُ من البَحْر ويَمْتَزِجُ بُخارُ الماءِ بالهواءِ ويَذوب. وعندما يرتفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ الدافِئُ ويَبْرُدُ، لا يَعودُ قادرًا على إذابةِ كُلِّ بُخار الماء الذي يَحْتويه. فتظهَرُ القَطَراتُ الدَّقيقةُ من الماءِ على شَكْلِ سُحُبٍ وضَبابٍ ومَطَر.



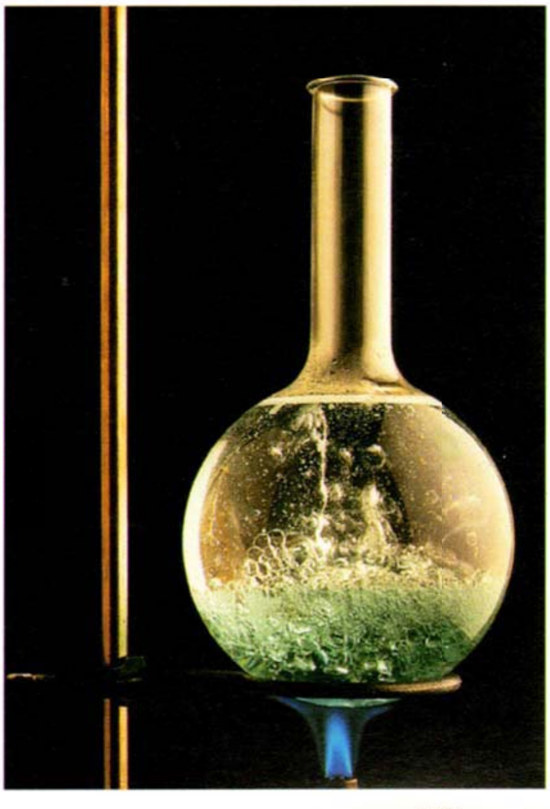
◄ تُصَنَّعُ الأشربةُ الأزّازةُ بإذابةِ غازِ ثاني أكسيد الكربون فيها على ضَغْطٍ عالٍ. وعِنْدَ رَفْعِ سدادِ القارورة يَهْبِطُ الضغطُ داخلها، ولا يَعودُ السائلُ قادرًا على إذابةِ كُلِّ ما به من الغاز.

◄ يكونُ المَحلولُ شفَّافًا دائمًا - حتّى إذا كان مُلَوَّنًا. هذا المَحلولُ الأزْرق اللّون هو كلوريدُ الكوبَلْت مُذابٌ في الماء. يُمكِنُ جَعْلُ الجامدِ يَذوبُ بِسُرعةٍ (وبكمِّيَّةٍ) اكثرَ في المُذيب بالإحماءِ والتَّحْريك.

الجوامد

تُحضَّرُ المَحاليلُ الجامدةُ بتَجميد أو تجَمُّد مَحلولٍ سائل. وتُشَكِّلُ السَّبائكُ (الأُشابات) طائفةً مُهِمَّةً من المَحاليلِ الجامدة المُؤلَّفةِ من فِلزٍّ، أو لافلِزٍّ، واحدٍ أو أكثر في فِلزٍّ آخَرَ يُكوِّنُ الجُزْءَ الرئيسيَّ من المَحْلول. والسَّبائكُ عادةً ذاتُ خَصائصَ مُختلِفةٍ جدًّا عن خصائصِ الفِلزِّ الأصليّ. فالألومنيوم النقيُّ، مثلًا، فِلزٌّ لَيِّن. لكنَّ إذابةَ كمِّيّاتٍ ضئيلةٍ من النُّحاسِ وعناصِرَ أُخرى فيه تُنْتِجُ سَبيكةً خَفيفةً مَتينةً تُسَمَّى ديُورالُومين. هذه السَّبيكةُ الألومنيوميَّةُ تتميَّزُ بخِفَّتِها؛ لكنَّها مَتينةٌ جدًّا - فتُسْتَخْدَمُ في صناعةِ هياكلِ الطائرات وأجْنحتِها.

وكما هي الحالُ في أنواعِ المَحاليلِ الأُخرى فإنَّ هناك حَدًّا مُعيّنًا لكمِّيَّةِ المُذابِ التي يُمكِنُ أنْ تَذوبَ في مَحْلولٍ جامِد. فمثلًا، الحديدُ النقيُّ فِلزٌّ لَيِّنٌ طَروق؛ وبإذابةِ كمِّيّاتٍ قليلةٍ من الكربون في الحديد المُنْصهِر نَحْصُلُ على الفُولاذ - الذي هو أصلَدُ بكثيرٍ من الحديد. ذرّاتُ الكربون تَنْتَشِرُ بالتَّساوي في سائرِ أجزاءِ المَحْلول الجامد. ولا تَتجاوَزُ ذَوبانيَّةُ الكربون في الحديد المُنْصَهِر 0,4 بالمئة. فإضافةُ المَزيدِ من الكربون تُنْتِجُ كُتَلًا دقيقةً من كَرْبيدِ الحديد، غيرِ الذوَّابِ، في السَّبيكة تجعَلُ الفولاذَ الناتجَ قَصِفًا.





البرونزُ سَبيكةٌ (او مَحْلولٌ جامِدٌ) من القَصْدير والنُّحاس يَحْوي 30 بالمئة من القَصدير. والبرونزُ من السَّبائك المَعروفةِ منذُ أكثرَ من 6000 سنة، وقد استُخْدِمَ منذُ القِدَم في صِناعةِ الدُّروعِ والأدواتِ والأسلحةِ والخُوَذِ والحُلَى.



▲ تَحوي المِرَذّاتُ (عُلَبُ الرَّذّ) مَحاليلَ مَضْغوطةً من موادَّ خاصَّةٍ كمُزيلاتِ الرَّوائح والمُبيداتِ الحَشَريَّة والدِّهانات. عندَ إعتاقِ الضَّغْطِ بكَبْسِ الزِّرّ يتفَوَّرُ المُذيبُ في العُلْبةِ ويَدْفَعُ المَحْلولَ عَبْرَ المِنْفَث. وهكذا يُبْعَثُ رَشاشٌ (رَذاذٌ) دقيقٌ من مُحْتَوياتِ العُلْبةِ كُلَّما كُبِسَ الزِّرّ.

أُنْظُر أيضًا

الفَصْلُ والتَّنْقِيَة

كثيرٌ من الموادِّ هي مَزيجاتٌ من موادَّ أبْسَط. ويُمكِنُ استِخْدامُ عِدَّةِ أساليبَ وتِقاناتٍ لِفَصْلِ المَزيجات إلى مُقَوِّماتِها.



التَّرشيحُ يَحْتَجِزُ الجوامدَ اللاذَوَّابةَ بواسِطة وَرقةِ التَّرْشيح؛ ويَسْري المَحْلولُ الصافي إلى القارورة تحت القِمْع.

الكثيرُ من المَحاليل يتألَّفُ من جامدٍ ذَوَّابٍ مُذابٍ في مُذيبٍ سائليّ – مثالُ ذلك محلولٌ من السُّكَّر في الماء. يُمكِنُ فَصْلُ السُّكَّر بتَرْكِ المَحلولِ مَكشوفًا في مكانٍ دافِئٍ حتَّى يتبخَّرَ الماءُ بأجمَعه، ويكونُ الناتِج بِلَّوراتٍ من السُّكَّر النقيّ. كما يُمكِنُ تجميعُ الماءِ المُتَبَخِّر بتكْثيفِه على سَطْحٍ بارد. مَزيجاتُ الجوامِدِ اللاذَوَّابة مع السَّوائل يُمكِنُ فَصْلُها بالتَّرْشيح أو بالطَّرْدِ المَرْكزيّ (الانتِباذ). ويُمكِنُ فَصْل مَزيجات السوائل بالتَّقْطير.

عمليَّةُ التَّرْشيح

مَسحوقُ الطباشير إذا مُزِجَ مع الماءِ لا يذوب، بَل يُكوِّن مُستَعْلَقًا مُرْبَدًّا. فالمُستعلَقاتُ تتألَّفُ من جُسَيْماتٍ دقيقةٍ من جامدٍ مُنْتَشِرةٍ في سائل. وعمليَّةُ الترشيح هي الوسيلةُ الأبسَطُ لِفَصْلِ المُستَعلَق. يحوي أعلى القِمْعُ ورقةَ ترشيحٍ على هيئةِ مَخْروطٍ مُجوَّف. وتتألَّفُ ورقةُ الترشيح من شَبيكةٍ مُتَخَلِّلَةٍ مُعَقَّدةٍ من الألْيافِ الدقيقة تعمَلُ كالمِصْفاة. فعند صَبِّ المُستَعلَقِ في القِمْع، يَعْبُرُ السائلُ ورقةَ الترشيح ولا تَعْبُرُها جُسَيْماتُ الجامد. السائلُ المُرشَّحُ يُسَمَّى الرُّشاحةَ، والجامِدُ المُحْتَجَزُ في مَخْروطِ ورقةِ الترشيح هو المُتخَلِّفُ من العمليَّة.

الطَّرْدُ المَرْكزيّ

لا يُمكِنُ فَصْلُ جميعِ المُستَعلَقات بالتَّرشيح. ففي بعضِ الحالات، تكونُ الجُسَيْماتُ المُستَعلَقةُ من الدِّقَّةِ بحيثُ قد تَمُرُّ عَبْرَ المُرَشِّح أو تَسُدُّ مَسامَه فتمنَعُ السائلَ من الاستِصْفاءِ والتصريف عَبْرَه.

أسهَلُ طريقةٍ لِفَصْلِ المُستَعْلَقِ هي تَرْكُه لِيَرْكُدَ. وبعدَ فَترةٍ تَستَقِرُّ جُسَيْماتُ الجامد في قَعْرِ الوِعاء، فيُصار إلى صَفْقِ السائل بِسَكْبِ الرائقِ منه قليلًا قليلًا. لكنَّ الأمورَ ليست دائمًا بهذه السهولة، فالكثيرُ من المُستَعْلَقات التي هي من الدِّقةِ بحيثُ تَسْتَعْصي على الترشيح تَسْتَعْصي أيضًا على الترسُّب. والسَّببُ هو أنَّ الجُسَيْماتِ الجامدةَ المُعلَّقةَ الدقيقةَ جدًّا تتعرَّض باستِمرار لِصَدْمِ جُزَيْئاتِ السائل في حركَتِها التَّخَشانِيَّة السَّريعة (الحركة البراونيَّة) فتَمْنَعُها من الاستِقرار والترسُّب.

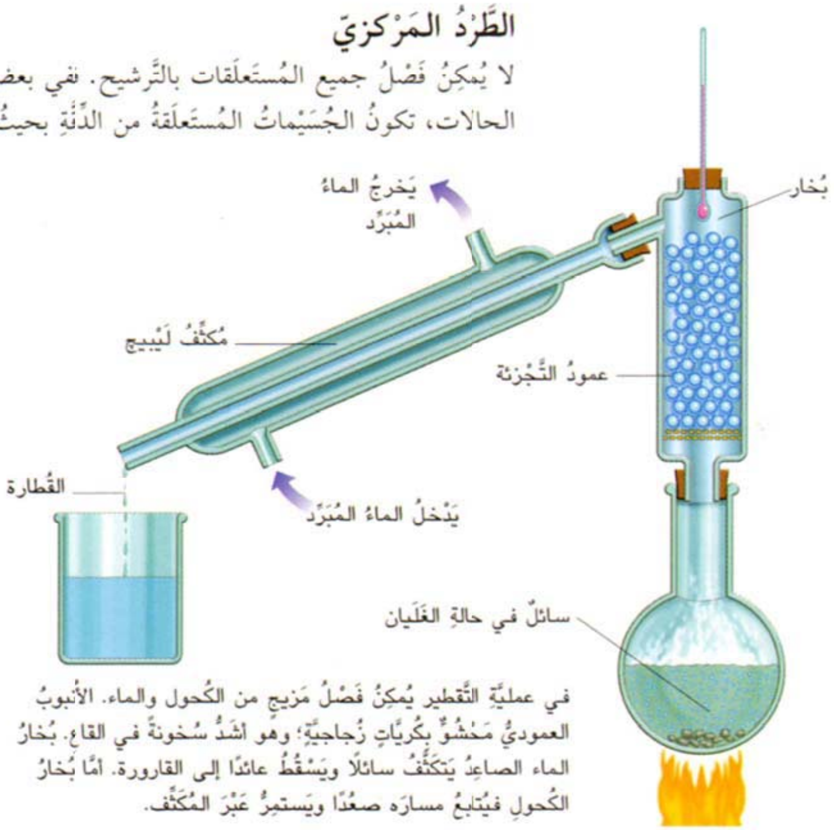
الفَرَّازاتُ الطارِدة تُستَخْدَمُ في فَصْل مِثل هذه المُستَعْلَقات التي يتعَذَّرُ فَصْلُها بوسائلَ أُخرى. فيُوضَعُ المُستَعْلَقُ في أنابيبَ تُشَدُّ إلى مقابضَ حولَ حافَّةِ الدَّوَّارِ داخلَ فَرَّازةِ الطَّرد. ويقومُ محورُ الإدارة العموديُّ في مَرْكز الدوَّار، المدفوعُ بمُحَرِّكٍ كهربائيّ، بتدويم الدوَّار بسُرعةٍ فائقة. فتُرجَّحُ المَقابِضُ بقُوَّة الطرد المَرْكزيّ بعيدًا عن مَرْكز الدوَّار ومعَها الأنابيبُ بأطرافِها المَفْتوحةِ مُتَّجهةً نحو عمود الإدارة المَرْكزيّ.

أصغَرُ فرَّازات الطَّرد (النابذة) تُدَوِّمُ الأنابيبَ بسُرعةٍ تبلُغُ حوالى 2000 دَورةٍ في الدَّقيقة – مُولِّدةً قوَّةَ طَرْدٍ مركزيٍّ على الجُسَيْمات الجامدة تفوق قوَّةَ الجاذبيَّة (أي وَزْنها) بـ 250 مرَّةً. وهكذا فإنَّ المُستعلَقَ من مَسحوق الطباشير في الماءِ لَن يستغرقَ أكثرَ من 30 ثانيةً لِيَسْتَقِرَّ في قاعِ الأنابيب. أمَّا المُستَعْلَقاتُ الجامدةُ الأدَقُّ فتستغرِقُ وقتًا أطولَ.

الفَرَّازاتُ الطارِدةُ (النابذة) تَسْتطيعُ أيضًا فَصْلَ المُسْتَحْلَبات – وهي المُستَعْلَقاتُ من سائلٍ في سائلٍ آخر. والمثال المَعروف هو فَصْلُ اللَّبَن (الحَليب) إلى قِشْدة (زُبْد) ولَبَنٍ مَخيض (حَليبٍ مَقْشود).



هذه المِقْطَرةُ تُنْتِجُ الكحولَ بتَسْخينِ عصيرِ العِنَبِ المُخَمَّر وتجميعِ أَبْخِرَته. تَحوي القُطارةُ حوالى 60 بالمئة كحُولًا بالمُقارنةِ مع حوالى 10 بالمئة من الكحُول في العَصير.



في عمليَّةِ التَّقطير يُمكِنُ فَصْلُ مَزيجٍ من الكُحول والماء. الأنبوبُ العموديُّ مَحْشُوٌّ بكُريَّاتٍ زُجاجيَّةٍ؛ وهو أشَدُّ سُخونةً في القاع. بُخارُ الماء الصاعِدُ يَتَكَثَّفُ سائلًا ويَسْقُطُ عائدًا إلى القارورة. أمَّا بُخارُ الكُحول فيُتابِعُ مسارَه صعُدًا ويَستمِرُّ عَبْرَ المُكَثِّف.

فَصْلُ المَزِيجات بالفَرّازاتِ الطّارِدة



عندما يُرَجُّ التُّرابُ في الماء، يَنْتُجُ مُسْتَعلَق. وإذا تُرِكَ هذا المُستَعلَقُ ساكِنًا لِفترةٍ كافية، فإنَّ الجُسَيْماتِ الجامِدةَ تَستقِرُّ في قاعِ الوِعاء مُكوِّنةً طَبَقاتٍ حسَبَ كثافتِها. فحُبَيْباتُ الرَّمْلِ الكثيفةُ تَسْتقِرُّ في القَعْرِ وفوقَها جُسَيْماتُ الطِّينِ الأخفُّ. الفرّازاتُ بالطَّرد المَرْكزيِّ تُسرِّعُ عمليّاتِ التَرسُّبِ بتدويمِ العَيِّنةِ وتوليدِ شَدٍّ سُفْليٍّ عليها يفوقُ شَدَّ الجاذبيّةِ بعِدَّةِ مِئاتِ المرّات. ويُمكِنُ بمِثلِ هذا الشدِّ فَصْلُ مَزيجاتٍ، كالدَّم، لا تَنْفَصِلُ بتأثيرِ الجاذبيّةِ وَحْدَها.

◄ تحمِلُ هذه الفَرّازةُ الطارِدة (وتُسمَّى النابذة أيضًا) أربعةَ أنابيبِ اختبار. يَنْبغي أنْ تكونَ كُتَلُ الأنابيبِ على الجانبَيْنِ المُتَقابِلَيْنِ من الدوّار مُتَعادِلةً تمامًا كي يُدَوِّمَ الدوّارُ بِسَلاسةٍ وانتظامٍ دونَ ذبذبةٍ وارْتِجاج.



▲ يَحوي الدَّمُ كُرَيّاتِ دَمٍ حَمراءَ وبيضاءَ في مَحلولٍ يُسَمّى البلازْما. وتُستَخْدمُ فَرّازةٌ نابِذةٌ لفَصْلِ هذه الكُرَيّاتِ لأنَّها كُلَّها أصغَرُ من أنْ تترسَّبَ طبيعيًّا. بعدَ عمليَّةِ الطَّردِ المَرْكَزيّ، تُسْقَطُ كُلُّ طَبَقةٍ بعِنايةٍ بواسطةِ الماصَّةِ المُدرَّجة – التي هي أنبوبٌ مُسْتَدِقٌّ مُزَوَّدٌ بِبُصَيْلةٍ مَطّاطيّةٍ في طَرَفِه العُلْويّ.

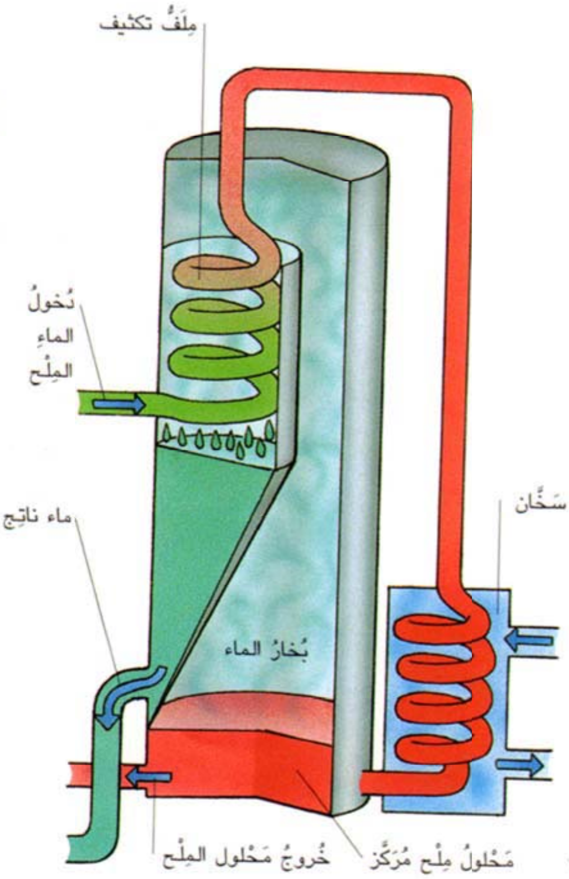
التَّقْطيرُ البَسيط

تُستَخْدَمُ عمليَّةُ التَّقْطير لفَصْلِ السوائل من المَحاليلِ بالغَلَيان. فالبُخارُ المُتصاعِدُ من غليانِ مَحْلول المِلْح في الماء هو بُخارُ ماءٍ نَقيّ. في جهاز التقطير يَمُرُّ هذا البُخارُ عَبْرَ أُنبوبٍ يُبَرَّد بالماء – يُسَمَّى المكثِّف. وبتَبْريد هذا البُخار في المكثِّفِ إلى ما دون 100°س، يتحَوَّلُ إلى ماءٍ نَقيٍّ يَسْهُل جَمْعُه. وبعدَ تبَخُّرِ كُلِّ ماءِ المَحْلولِ يَبْقى المِلْحُ في قاعِ القارورة التي كانت تَحْتوي المَحْلول.

التَّقْطيرُ التَّجْزيئيّ

يُستَخْدَمُ التقطيرُ البَسيطُ لِفَصْلِ المُذيبات السائلةِ من المَحاليلِ أو لِفَصْلِ مَزيجاتِ السوائل ذاتِ دَرَجاتِ الغَلَيانِ المُتَفاوتةِ جدًّا. لكِنَّ هذا النوعَ من التَّقطير لا يَفصِلُ بالتَّمام مَزيجاتِ السوائل ذاتِ دَرجاتِ الغليانِ المُتَقارِبة.

التَّقْطيرُ التَّجْزيئيُّ يَفْصِلُ مَزيجاتِ السوائل ذاتِ درجاتِ الغَلَيان المُتَقارِبة بتكرارِ عمليَّة التقطير عِدَّةَ مرّات داخِلَ جهازٍ واحد. ويُسَمّى جُزءُ الجهاز الذي تَجري فيه عمليَّةُ الفَصْل عمودَ التَّجزئة – وهو أُنبوبٌ عموديٌّ مَحْشُوٌّ بكُرَيّاتٍ زُجاجيَّة. تَتصاعَدُ أَبْخِرَةُ الغَلَيان في هذا العمود، حيثُ تتكَثَّفُ جُزْئيًّا. ويَحوي المَزيجُ المُتكَثِّفُ داخلَ العمود بدايةً نِسْبةً أكبرَ من السائل ذي دَرجةِ الغَلَيان الأعلى – الذي سُرعان ما يسقُط عائدًا إلى المَزيج المُغْلَى. أمّا الأَبخِرَةُ التي لا تتكَثَّف فتَتصاعَدُ في الجزءِ الأبْردِ من العمود وتتكَثَّفُ جُزْئيًّا. هذه الأبخِرَةُ تَحوي نِسْبةً أكبرَ من المادَّةِ التي تَغْلي على درجةِ حرارةٍ أَخْفَض. والجُزءُ الذي يَبْقَى بُخارًا، يحوي كذلك نِسْبةً أكبرَ من المادَّة الخَفيضةِ درجة الغَليان. وبتكَرُّرِ هذه العمليَّة في عمودِ تَجزئةٍ ذي طُولٍ كافٍ لن تَحوي الأَبْخِرَةُ التي تَخرجُ من أعلى العَمود إلّا المادَّةَ النَقِيَّةَ الخفيضةَ دَرجة الغَلَيان.



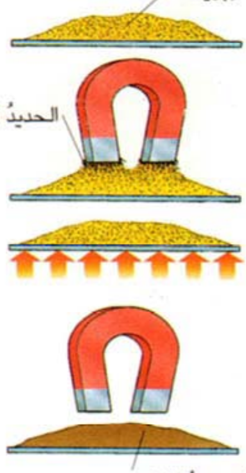
وَحْدَةُ إزالةِ المُلُوحةِ هذه تُنْتِجُ مياهًا عَذْبةً صالِحَةً للشُّرْب من ماءِ البَحْر. يَمُرُّ ماءُ البَحْر أوّلًا عَبْرَ مِلَفِّ تكثيف؛ فيَسْخُنُ الماءُ بفَضْلِ تكثُّفِ بُخارِ الماء النقيِّ على الجُزءِ الخارجيِّ من المِلَفّ. ثُمَّ يُسَخَّنُ ماءُ البَحْر الدافئُ حتّى درجةِ الغَلَيان ويُضَخُّ إلى حُجْرةٍ ليَغلي. فيتصاعَدُ بُخارُ الماء ويتكَثَّفُ ماءً سائلًا على سَطْحِ المِلَفّ، مُسَخِّنًا مَزيدًا من مياهِ البَحْر الوارِدة.

أُنْظُر أيضًا

التِّقانيّاتُ الطِّبِّيّة ص 142 – 143
البِتْروكيماويّات ص 190 – 191
النِّفْطُ والتكرير ص 210 – 211
المَوارِدُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

التفاعُلاتُ الكيماويَّة

التَّفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُحَوِّلُ مَجْموعةً من الموادِّ إلى مَجْموعةٍ أُخرى. وتعتَمِدُ سُرعةُ التفاعُلِ على طبيعةِ الموادِّ ذاتِها وعلى درَجةِ الحرارة.



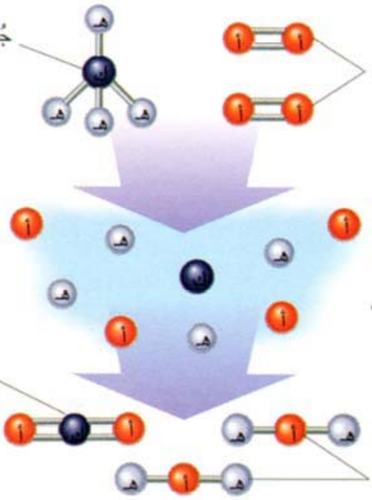
المِغْنَطيسُ يَفْصِلُ الحديدَ من خليطِ بُرادة الحديد ومَسْحوقِ الكِبْريت لأنَّ الحديدَ في المَخْلوط يَحْتفظُ بخصائصه المِغْنَطيسيَّة. لكِنَّ إحماءَ الخليطِ يُولِّدُ مادَّةً جديدةً – هي مُرَكَّبُ كبريتيد الحديد اللّامِغْنَطيسيّ.

التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُبَدِّلُ التركيبَ الكيماويَّ لِلْمَوادّ. فهي قد تُفكِّكُ موادَّ مُعقَّدةً إلى أجزاءٍ أصغَرَ، أو تَضُمُّ موادَّ بسيطةً معًا لتكوِّنَ موادَّ أكثرَ تَعْقيدًا. الموادُّ الموجودةُ في بِداية التفاعُلِ تُسَمَّى المُتَفاعِلات. والموادُّ الناتِجةُ في نِهايةِ التفاعُلِ تُسَمَّى المُنْتَجات. التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تُغَيِّرُ نَمَطَ ترابُطِ ذرَّاتِ العناصِرِ المُختلِفة معًا في المُتفاعلات.

بعضُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ، كالصَّدأ، تَحْدُثُ بِبُطْءٍ شديدٍ؛ فيما تَفاعُلاتٌ أُخرى، كالانفِجارات، تَحْدُثُ بِسُرعةٍ فائقة.

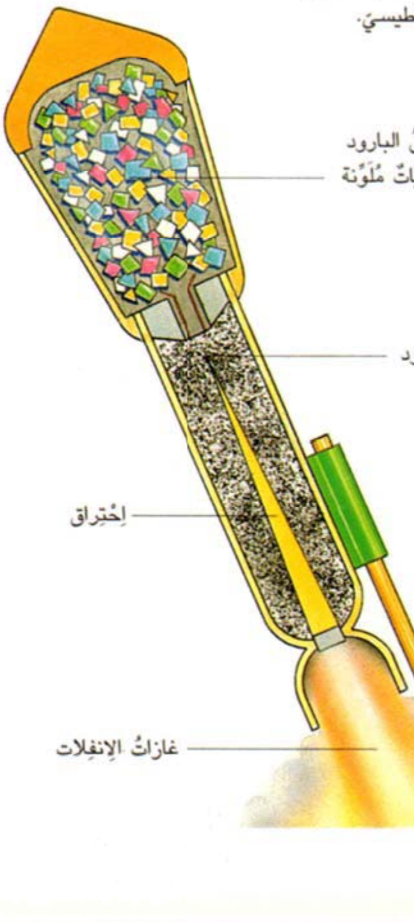
تفاعُلُ ترابُط

الحديدُ والكِبْريتُ عُنْصُران لهما خصائصهما الطبيعيَّة والكيماويَّة المَعروفة. عندما تُقَلَّبُ بُرادة الحديد مع مَسْحوق الكِبْريت يُكوِّنا خليطًا عاديًّا. خصائصُ هذا الخليطِ هي جملةُ الخصائص العائدةِ لِمُقوِّمَيْنِ مُنْفَصِلَيْن – فيُمكِنُ مثلًا اجتذابُ بُرادةِ الحديد بمِغْنَطيس، كما يُمكِنُ مُشاهدةُ دقائقِ المادَّتين، بعدسةٍ مُكَبِّرة، كُلًّا على حِدَة. إحماءُ هذا الخليطِ يجعلُه يَتوهَّجُ لِحُدوثِ تفاعُلٍ كيماويّ. فتَترابَطُ ذرَّاتُ الحديد مع ذرَّاتِ الكِبْريت مُكوِّنةً مُرَكَّبَ كِبْريتيد الحديد.



عندما يَحْترِقُ الغازُ الطبيعيُّ (الذي يَحوي حوالى 99% ميثان)، تَتفكَّكُ جُزَيْئاتُ الميثان (ك هـ٤، CH_4) والأُكسجين (أ٢، O_2) إلى ذرَّات. وتُعاوِدُ هذه الذرَّاتُ الاتِّحادَ لِتكَوِّنَ جُزَيْئاتِ ماءٍ (هـ٢ أ، H_2O) وجُزَيْئاتِ ثاني أُكسيد الكربون (كأ٢، CO_2).

فالحرارةُ بدأت التفاعُلَ – تمامًا كما يُشْعِلُ عودُ الثِّقابِ حاروقَ الغاز. هذا التفاعُل هو مَثَلٌ على ترابُطِ موادَّ بَسيطةٍ معًا لِتكوينِ موادَّ أكثرَ تَعْقيدًا. وخصائصُ المُرَكَّبِ الناتِجِ تختلِفُ عن خصائص مُقوِّماتِ الخَليط – فهو مثلًا غيرُ مِغْنَطيسيّ.



◄ تَحوي الأَسهُمُ الناريَّةُ مَسْحوقَ البارود، الذي هو خليطٌ من نِتْراتِ البوتاسيُوم والكِبْريت وفَحْم الخَشَب (الكربون). عندَ الإحماءِ تَتفكَّكُ نِتْراتُ البوتاسيُوم مُنتِجةً الأُكسجينَ، الذي يُسَبِّبُ احتِراقَ الكِبْريت والكربون بسُرعةٍ لِيُنْتِجا دَفْقًا من الغازات. هذه الغازاتُ تَدْسُر السَّهمَ الناريَّ في الجَوّ وتَنْثُر الكيماويَّاتِ المُلَوَّنةَ التي تتميَّزُ بها عُروضُ الأَسهُم الناريَّة.



◄ تَتفكَّكُ المُتَفَجِّراتُ الكيماويَّةُ في بضعةِ أجزاءٍ من الألْف من الثانية، فتُنْتِجُ كمِّيَّاتٍ هائلةً من الغازاتِ الحارَّة العالية الضغط. ويُحْدِثُ تَمَدُّدُ هذه الغازات انفِجارًا قد يكونُ من القُوَّة بحيثُ يَنسِفُ بِنايةً ضخمةً ويُدَمِّرها.

تفاعُلُ تفكُّك

عندَ مَزْجِ صُودا الخبيز (بيكربونات الصودا، ص هـ ك أ3، «$NaHCO_3$») مع الخَلّ، يتفاعلُ الحامضُ في الخَلّ مع صودا الخبيز فتتفكَّكُ إلى أجزاءٍ أصغرَ. أحدُ هذه المُنْتَجات هو ثاني أكسيد الكربون (ك أ2، CO_2)، الذي يَنْبعِثُ فقاقيعَ من المَزيج.

مَواقِدُ وسَخَّاناتُ الغاز تَستَخْدِمُ الأكسِجينَ من الهواء لإحراق غاز الميثان. خِلالَ هذا التفاعُل، تُفكِّكُ الحرارةُ كُلَّ جُزَيءِ ميثان (ك هـ4، CH_4) إلى ذرَّةِ كربون واحدة وأربَعِ ذرَّاتِ هِدْروجين. ثُمَّ تتَّحِدُ هذه الذرَّاتُ مع الأُكسجين مُكوِّنةً ثاني أكسيد الكربون وماء (هـ2أ، H_2O).

سُرعاتُ التفاعُل

التفاعُلُ الكيماويُّ بين الحديدِ والكِبْريت يَتطلَّبُ حَرارةً لِيَحدُثَ. لكنَّ الحرارةَ ليسَتْ ضروريَّةً لِحُدوثِ التفاعُلِ بين صودا الخَبيز والخَلّ، عِلْمًا أنَّ رَفْعَ درجةِ الحرارة يُسَرِّعُ هذا التفاعُل. فبِزيادةِ دَرجةِ الحرارة تَزْدادُ سُرعةُ التفاعُل.

سُرعةُ التفاعُل تَعْني سُرعةَ تحَوُّل المُتَفاعِلات إلى مُنْتَجات. فالتفاعُلاتُ الكيماويَّةُ تَحْدُث بتَصادُمِ الجُزَيْئاتِ والذرَّات، وهي تَزْدادُ سُرعةً بتزايُدِ عَددِ التَّصادُمات في الثانية. ورَفْعُ دَرجةِ الحرارة يَزيدُ طاقةَ حَرَكة الجُسَيْمات، فتَزْدادُ سُرعةُ حركتِها ويَزْدادُ تكرُّرُ تَصادُماتها. وهذا هو السَّببُ في زيادةِ سُرعة التفاعُلات على دَرجاتِ الحرارةِ العالية.

كذلك تَزْدادُ سُرعةُ التفاعُل باستِخْدامِ مُتَفاعِلاتٍ أكثَرَ تَرْكيزًا. فالتركيزُ الأعلى يَعْني أنَّ الجُزَيْئاتِ القابلَةَ للتفاعُلِ أكثَرُ اكتِظاظًا وتقارُبًا، وبالتالي فإنَّ تَكرارَ تصادُماتِها أزيَدُ، وهذا يجعَلُ التفاعُلَ أسرعَ. بالنِّسْبةِ للغازات، الضغطُ العالي هو تركيزٌ أكثَرُ للجُزَيْئاتِ وتَزايُدٌ في تَصادُماتِها وسُرعةِ تفاعُلاتِها. مُحَرِّكُ الديزِل يَستَخْدِمُ كلا عامِلَي التسريع هذين، الضغطِ العالي ودرجةِ الحرارة العالية، لِبَدْءِ تفاعُلٍ تَفْجيريّ.



صَدأُ الحديد تفاعُلٌ كيماويٌّ بَطيءٌ بين الحديدِ والماءِ والأُكسجين. مع مُرورِ الزَّمن، سيتَحَوَّلُ حديدُ هذه السيَّارة القديمة إلى أُكسيد الحديد البُنّيِّ السَّهلِ التفَتُّت.



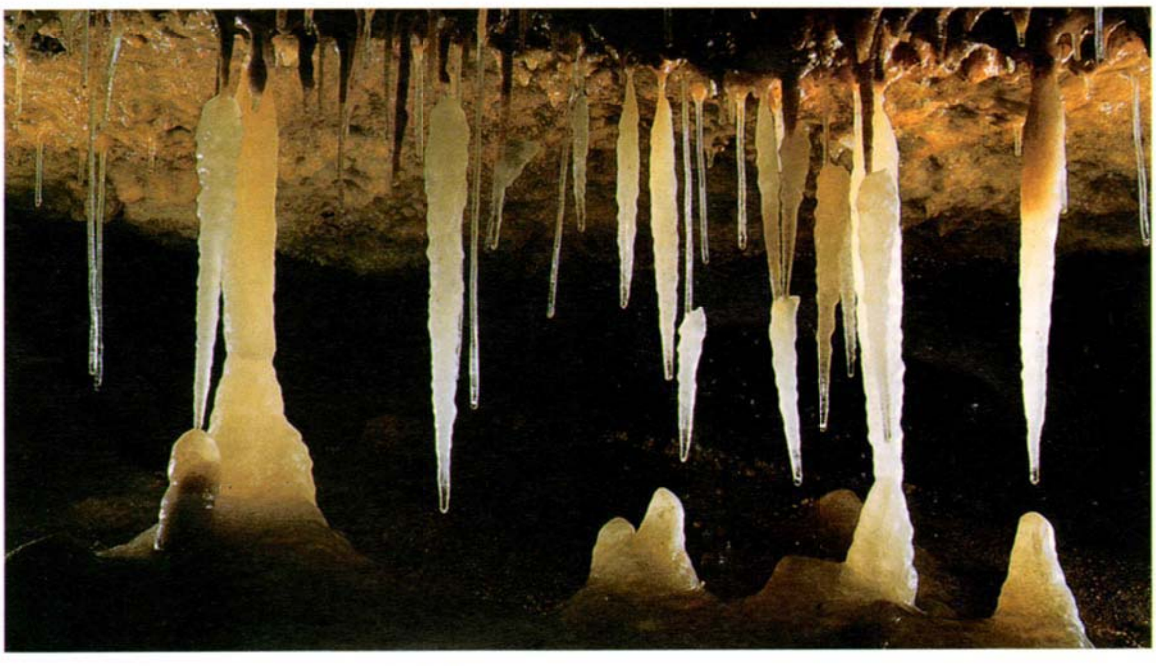
1 حامِضٌ مُخَفَّفٌ مع شقَفِ رُخام

2 حامضٌ مُخَفَّفٌ مع سَحيقِ الرُّخام

3 شقَفُ رُخام مع حامضٍ مُرَكَّز

4 شقَفُ رُخام مع الحامض المُرَكَّز على درجةِ حرارةٍ عالية

1. تَتفاعَلُ شقَفُ الرُّخام مع الحامض لِتُنْتِجَ غازَ ثاني أكسيد الكربون. سُرعاتُ التفاعُل تَزْدادُ عندما:
2. يَزيدُ سحقُ الرُّخام التماسَّ بين المُتَفاعِلات؛
3. يَزيدُ الحامضُ المُرَكَّزُ، وكذلك
4. درجةُ الحرارة الأعلى عددَ التصادُمات في الثانية.



► هذه الهوابِطُ (المُتدَلّية من السَّقف) والصواعِدُ (المُتَنامِيَةُ من الأرضيَّة) استغرقَتْ آلافَ السِّنين لِتَتكَوَّنَ في هذا الكَهْف. فثاني أُكسيد الكربون في ماءِ المَطَر المُرتَشِح نُزولًا يَتفاعَلُ مع الحَجَر الجيريِّ في الصُّخور فوق الكَهْف ويُكَوِّنُ أملاحًا. هذه الأملاحُ الذوَّابةُ من البيكربونات تتَحَوَّلُ إلى كربونات غير ذوَّابةٍ وتُشَكِّلُ تَرَسُّباتٍ جامِدةً مع تبَخُّر ماءِ القَطْر في الكَهْف.

أُنْظُر أيضًا

التَّعريةُ والتَّجْويَة ص 32 – 33
الحفَّازات ص 176
الأكسَدةُ والإخْتِزال (الأَخْسَدة) ص 178

المُرَكَّباتُ الكيماويَّة

المُرَكَّباتُ الكيماويَّةُ موادُّ تتكَوَّنُ من اتِّحادِ ذرَّاتِ عُنْصُرين مُختلِفين أو أكثر بِنِسَبٍ ثابتة. وتَتماسَكُ مُقَوِّماتُ هذه المُرَكَّبات معًا بِروابِطَ كيماويَّةٍ.

هنالك حوالى 110 من العناصر الكيماويَّةِ المَعْروفة. وتَترابطُ ذرَّاتُ هذه العناصر معًا في جَميعاتٍ مُتَبايِنةٍ لِتُؤلِّفَ مَلايينَ لا حَصْرَ لها من المُرَكَّباتِ المُختلِفة. وتعمَلُ قُوى التجاذُبِ القويَّةُ، المُسمَّاة روابطَ كيماويَّةً، على تماسُكِ الذرَّات معًا في هذه المُرَكَّبات.

بعضُ المُرَكَّباتِ بَسيطٌ جِدًّا. فملحُ الطعام، مثلًا واسمُه الكيماويّ كلوريد الصوديوم، يَحْوي عُنصرَيْن فقط، هما الصوديوم والكلُور، مُترابطَيْن معًا. وهنالك مُرَكَّباتٌ أُخرى مُعقَّدةٌ للغاية، بِخاصَّةٍ تلكَ الموادُّ الموجودة في الكائناتِ الحَيَّة، كالپروتينات وَ د ن أ.



بعضُ المُرَكَّباتِ يُمكِنُ تَحْضيرُها بإحماءِ عَناصِرِها معًا. فبإمرارُ الأُكسِجين فوقَ الكربون المُحْمَى يُنْتِجُ ثاني أُكسيدِ الكربون. أثناءَ التفاعُل تَترابَطُ كُلُّ ذرَّةِ كربون مع ذرَّتَي أُكسجين. ويُصبِحُ لونُ ماءِ الجير الصافي لَبَنيًّا والفَقاقيعُ أصغرَ مع ذَوبان ثاني أُكسيد الكربون فيه.

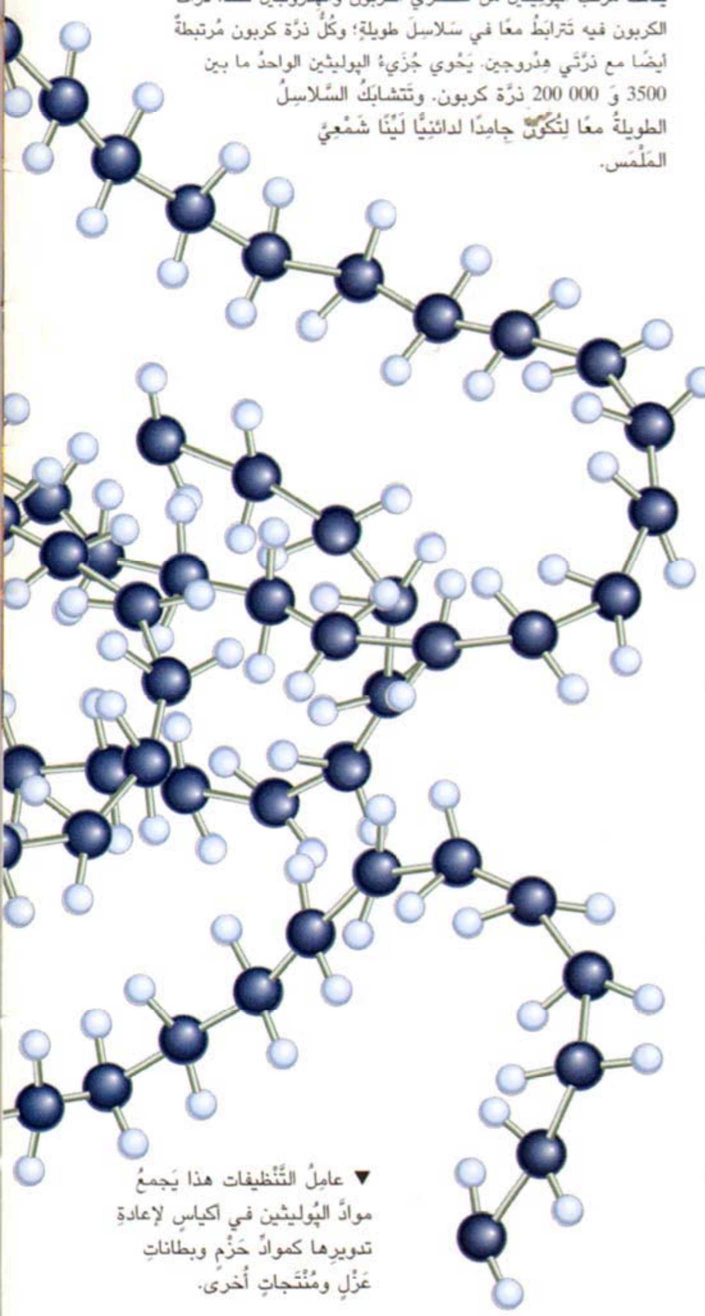
الرَّوابِطُ الكيماويَّة

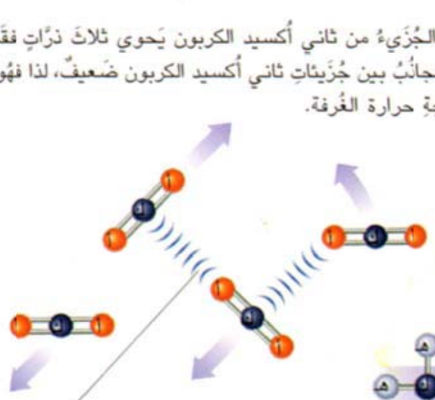
تتألَّفُ الموادُّ، ككلُوريد الصوديوم، من جُسَيْماتٍ سالِبةِ الشِّحنةِ وأُخرى مُوجِبَةِ الشِّحْنة، تُسَمَّى أيونات. الأيوناتُ المُوجِبةُ الشِّحْنة مُنْجَذبةٌ بِشِدَّةٍ إلى الأيوناتِ السَّالبةِ الشِّحنة والعَكْسُ بالعَكْس. هذا التجاذُبُ، المُسَمَّى ترابُطًا أيونيًّا، يَشُدُّ الأيوناتِ معًا كما يُثَبِّتُ المِلاطُ الطُّوبَ في جِدار.

هنالك موادُّ أُخرى ذاتُ روابطَ تَضُمُّ الذرَّاتِ معًا في مَجْموعاتٍ تُسَمَّى جُزَيئات. فالماءُ، مثلًا، مُرَكَّبٌ من عُنْصرَي الهِدْروجين والأُكسجين - كُلُّ جُزَيءٍ منه يتألَّفُ من ذرَّةِ أُكسجين واحدة وذرَّتَي هِدْروجين. الرَّوابطُ بين الذرَّات ضِمْنَ الجُزَيءِ الواحد قويَّةٌ؛ أمَّا قُوى التجاذُبِ بين الجُزَيئاتِ نَفْسِها فأَضْعفُ بكثير.

جُزَيئاتُ اليُولِيثين

يتألَّفُ مُرَكَّبُ اليوليثين من عُنْصرَي الكربون والهِدْروجين فقط. ذرَّاتُ الكربون فيه تَترابَطُ معًا في سَلاسِلَ طويلةٍ؛ وكُلُّ ذرَّة كربون مُرتبطةٌ أيضًا مع ذرَّتَي هِدْروجين. يَحْوي جُزَيءُ اليوليثين الواحدُ ما بين 3500 وَ 200 000 ذرَّة كربون. وتَتشابَكُ السَّلاسِلُ الطويلةُ معًا لِتُكوِّنَ جامِدًا لدائنِيًّا لَيِّنًا شَمْعِيَّ المَلْمَس.





▼ الجُزَيءُ من ثاني أُكسيد الكربون يَحوي ثلاثَ ذرَّاتٍ فقط. والتجاذُبُ بين جُزَيئاتِ ثاني أُكسيد الكربون ضَعيفٌ، لذا فهُو غازٌ في درجةِ حرارة الغُرفة.



▼ هنالك أنواعٌ كثيرةٌ مُختلِفةٌ مِن أصنافِ الكُحول. وكُلٌّ منها يَحوي جُزَيئُه ذرَّةَ أُكسجين مُرتبطةً بإحدى طرَفَي ذرَّةِ كربونٍ، وذرَّةَ هِدْروجين مُرْتبطةً بالطَّرف الآخر. الاسمُ الكيماويُّ للكُحول ذي الصِّيغة (ك₂ هـ₅ أهـ، C_2H_5OH) هو الإيثانول.



▼ عامِلُ التَّنْظيفات هذا يَجمعُ موادَّ اليُولِيثين في أكياسٍ لإعادةِ تدويرِها كموادِّ حَزْمٍ وبطاناتِ عَزْلٍ ومُنْتَجاتٍ أُخرى.

الأَمْلاحُ الفلِزِّيّة

تَحوي الأَملاحُ الفلِزّيّةُ فِلِزًّا واحدًا أو أكثرَ مُترابطًا مع لافلِزٍّ واحدٍ أو أكثر؛ والمثَلُ المألوف هو مِلْحُ الطَّعام، أي كلوريد الصوديوم. صِيغَةُ مِلح الطعام الكيماويّةُ هي (ص كل، NaCl)، التي تُبَيِّنُ أنّه يَحوي عددًا مُتَساويًا من ذرّات الصوديوم (ص، Na) والكلور (كل، Cl). كَرْبونات الكالسيوم (كاك أ$_3$، $CaCO_3$)، المُقَوِّمُ الرئيسيُّ للصَّخْرِ الكِلْسيِّ والطباشير، هي مثَلٌ آخَرُ على هذا النَّوع من الأملاح. تَحوي كَرْبوناتُ الكالسيوم عددًا مُتَساويًا من ذرّاتِ الكالسيوم (كا، Ca) والكربون (ك، C) وثلاثةَ أضعاف ذلك العدد من ذرّات الأُكسجين (أ، O).

هذه الأملاحُ هي جَوامِدُ عادةً، وتَنْصهِرُ على درجاتِ حرارةٍ عالية. فكلُوريدُ الصوديُوم، مثلًا، يَنْصَهِرُ على درجة 804°س.

المُرَكّباتُ اللّافلِزِّيّة

المُرَكّباتُ التي تتألّفُ من لافلِزّاتٍ فقط تتواجَدُ غالبًا كجُزَيئات؛ والكثيرُ من هذه المُرَكّبات سوائلُ أو غازات. فالماءُ، مثلًا، يتألّفُ من هِدْروجين وأُكسجين، وكلاهما لافلِزٌّ. الصِّيغَةُ الكيماريّةُ للماء هي (هـ$_2$أ، H_2O)، التي تُبَيِّنُ أنّ جُزَيءَ الماء يتألّفُ من ذرّتَي هِدْروجين وذرّةِ أُكسجين.

مُعْظمُ المُرَكّباتِ اللّافلِزّيّةِ الجامدةِ تَنْصَهِرُ على درجاتِ حرارةٍ خَفيضة. فالشُّموعُ، التي هي مَزيجٌ من مُرَكّباتِ الكربون والهِدْروجين والأُكسجين، تَنْصَهِرُ على درجةٍ تقاربُ 70°س.



ثاني كرومات الأَمونيوم، (ن هـ$_4$)$_2$ كر$_2$أ$_7$، «$(NH_4)_2 Cr_2 O_7$»، مُرَكّبٌ لا مُسْتَقِرٌّ من ذرّات الكُروم والهِدْروجين والنِّتْروجين والأُكسجين. فإحماءُ بلّوراتِه البُرتقاليّةِ يُفكِّكُ الرّوابط بين الذرّات ويُنْتِجُ موادَّ أبْسَطَ – هي بُخارُ الماء وغازُ النِّتروجين وأُكسيدُ الكروم الأَخْضَر.

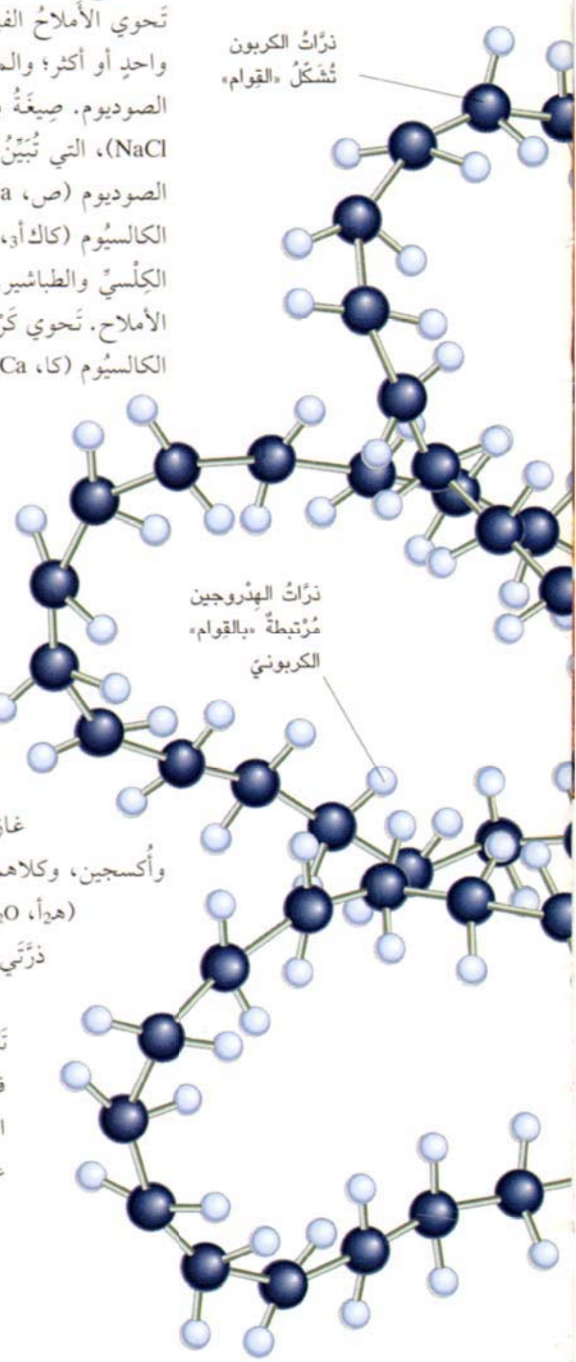
الغازاتُ النَّبيلة

الغازاتُ النّبيلةُ (ويُسَمّونها أيضًا النّادرة أو الخامِلَة) هي الهِلْيوم والنّيون والأرجون والكرِبْتون والزِّنون والرّادون. وهي تُشَكِّلُ المَجْموعةَ 18 من الجَدْولِ الدَّوْريِّ للعناصِر. الهِلْيوم والنّيون والأرجون غازاتٌ خامِلَةٌ تمامًا، فلا تَدْخلُ مُطلقًا في أيِّ تَفاعُلاتٍ كيماويّة. الكرِبْتون والزِّنون والرّادون قد تتفاعَلُ، لكنْ تحتَ ظروفٍ قُصْوى فقط. ويَعودُ السَّببُ في لا تفاعُليّةِ الغازاتِ النّبيلةِ إلى أنَّ بِناها الإلكترونيّةَ فائقةُ الاستِقراريّة.

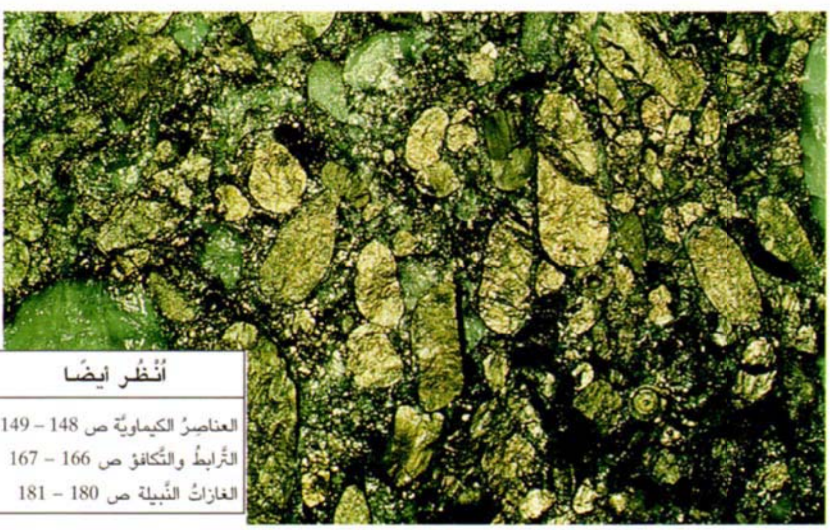
الاستِقْراريّة

عندما تدخلُ العناصِرُ في تَفاعُلاتٍ كيماويّة، فهي تَتبادَلُ أو تَتشارَكُ الإلكترونات كي تَحوزَ نَفْسَ عددِ الإلكترونات في الغلاف الخارجيّ للغازِ النّبيل الأقرب إلى بِنْيَتِها. وهكذا، فإنَّ كثيرًا من المُرَكّبات هي أكثَرُ استِقْرارًا من العناصِر التي تتألّفُ منها.

بعضُ المُرَكّبات، كَكلُوريد الصوديوم، مُسْتَقِرّةٌ جِدًّا. فغالبًا ما تَتّحِدُ عناصِرُ عاليةُ التفاعُليّةِ لِتُكوِّنَ مُرَكّباتٍ عاليةَ الاستِقْراريّة. وهذه المُرَكّباتُ قَلَّما تَتفاعَلُ مع موادَّ أُخرى، وهي لا تَتفكَّكُ بالتَّسْخين لأنَّ الرّوابطَ بين ذرّاتِها قويّةٌ.



▲ الاسمُ الكيماويُّ للبُوليثين هو بُولي إيثين (مَكْثورُ الإيثين). يَستَخْدِمُ الكيميائيّون البادئة «بُولي» للإشارةِ إلى أنّ المُرَكّبَ مُؤلّفٌ من الجُزْءِ البَسيطِ نَفْسِه مُكرّرًا مرّاتٍ كثيرة. فالبُوليثين مُصنّعٌ من الإيثين (الإيثلين) – الذي يَحوي جُزَيئُه ذرّتَي كربون وأربَعَ ذرّاتِ هِدْروجين.



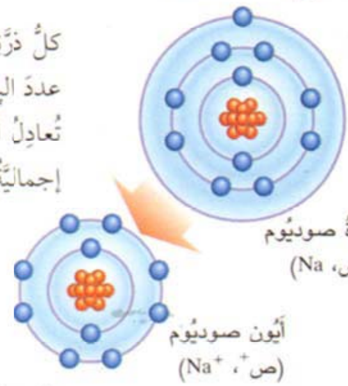
◄ يوجَدُ الذَّهَبُ مَمْزوجًا بصَخْر الكوارتْز عميقًا في باطِنِ الأرض. معظمُ الفلِزّات تتواجَدُ في خاماتِها كمُرَكّبات؛ لكنّ الذّهبَ، بِسَبَبِ لا فاعليّتِه واستِقراريّتِه، يتواجَدُ كفلِزٍّ نَقيٍّ طبيعيًّا.

أُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويّة ص 148 – 149
التَّرابطُ والتّكافؤ ص 166 – 167
الغازاتُ النّبيلة ص 180 – 181

التَّرابُطُ والتَّكافؤُ

تتكوَّنُ الرَّوابطُ الأَيُونيَّةُ على الأغلب بين ذرَّاتٍ فلزِّيَّةٍ وأُخرى لا فلزِّيَّة؛ وتتكوَّنُ الرَّوابطُ الإسْهاميَّةُ بين ذرَّاتٍ لافلزِّيَّة. التكافؤُ الكيماويُّ هو عددُ الروابطِ التي تَستطيعُ الذرَّةُ تكوينَها.



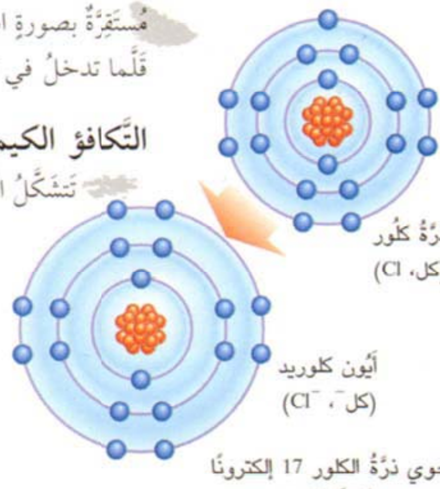
تَحوي ذرَّةُ الصوديُوم 11 إلكترونًا في غلافاتٍ حولَ النَّواة التي تضُمُّ 11 پروتونًا. أيُون الصوديُوم يَحوي إلكترونًا سالبَ الشِّحْنة أقلَّ (أي 10 إلكترونات) مِمَّا يُكسِبُه شِحْنةً إجماليَّةً = +1. أيُوناتُ الصوديُوم أصغَرُ حَجْمًا من ذرَّاتِ الصوديوم.

كلُّ ذرَّةِ عُنْصرٍ تَحوي عددًا من الإلكترونات يُساوي تمامًا عددَ الپروتونات في نَواتِها. فالشِّحْناتُ المُوجبةُ للپروتونات تُعادِلُ الشِّحْناتِ السَّالبةَ للإلكترونات؛ وليسَ هناك شِحْنةٌ إجماليَّةٌ للذرَّة. تَدومُ الإلكتروناتُ حولَ النَّواة في مَداراتٍ تُسَمَّى غِلافاتٍ قِشْريَّة. هنالك عَددٌ مُحَدَّد من الإلكترونات التي يُمكِنُ لِكُلِّ غلافٍ استيعابُها. فالغِلافُ الأوّل، الأَقْربُ إلى النَّواة، يَسْتطيعُ استيعابَ إلكترونَين كحَدٍّ أقصى. والغِلافُ الثاني يَسْتطيعُ استيعابَ ثمانيةِ إلكترونات، والثالثُ 18 إلكترونًا.

الصُّفوفُ الأُفُقيَّةُ للجَدولِ الدَّوريِّ تُدْرِجُ العناصرَ بتَرتيبٍ تَصاعُديٍّ حسَبَ أعدادِها الذرِّيَّة، التي هي عددُ الپروتونات في ذرَّةِ العُنْصر. كلُّ صفٍّ يَبْدأُ بعُنْصرٍ يَحوي إلكترونًا واحدًا في غِلافِه الخارجيّ، ويَنْتهي بغازٍ نَبيلٍ (خامِل) يَحوي في غلافِه الخارجيِّ مَجْموعةً كاملةً قُصوى من الإلكترونات. وتَرتيبُ الإلكترونات هذا (في الغازات النَّبيلة) هو تَشكيلةٌ مُستَقِرَّةٌ بصورةٍ استِثْنائيَّة – هي السَّببُ في أنَّ الغازاتِ النَّبيلةَ قَلَّما تدخلُ في تفاعُلٍ كيماويّ.

التَّكافؤ الكيماويّ

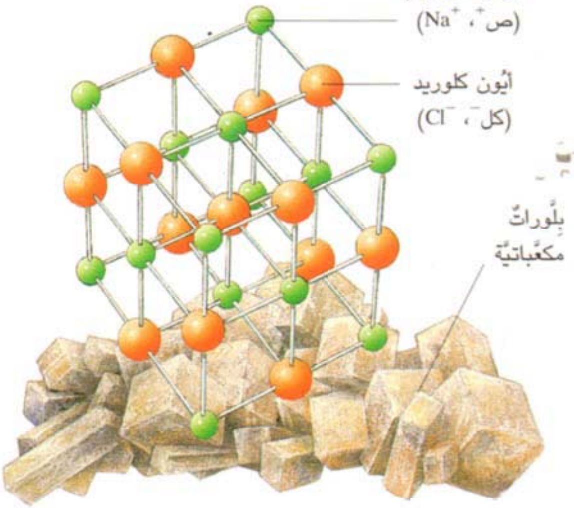
تَتشَكَّلُ الرَّوابطُ بين الذرَّات في التفاعُلاتِ الكيماويَّة



تَحوي ذرَّةُ الكلور 17 إلكترونًا و17 پروتونًا. أيُونُ الكلوريد يَحْوي إلكترونًا أكثَر مِمَّا يُكسِبُه شِحْنةً إجماليَّةً = -1. أيُوناتُ الكلوريد أكبَرُ حَجْمًا من ذرَّات الكلور؛ وفيها، كأيُوناتِ الصوديُوم، غِلافٌ خارجيٌّ مُكْتَمِلٌ من الإلكترونات.



◄ هذه الصورةُ تُبَيِّنُ الصوديومَ يَتوهَّجُ ساطِعًا في غاز الكلور. فالتفاعلُ الكيماويُّ الذي يَربطُ العُنصرَيْن يُنْتِجُ كمِّيَّاتٍ كَبيرةً من الحرارة ويُشَكِّلُ بلُّوراتٍ بيضاءَ من كلوريد الصوديوم (مِلْح الطَّعام).



كلُّ أيُونٍ في بلُّورةٍ من كلوريد الصوديوم مُحاطٌ بأيُوناتٍ مُضادَّةِ الشِّحْنة. وتَتَراتَبُ الأيُوناتُ في شَبيكةٍ مُكعَّبيَّةٍ بحيثُ تتَّخِذُ كُلُّ بلُّورةِ مِلْحٍ شكْلًا مُكعَّبيًّا.

عندما تَكْسِبُ الذرَّاتُ إلكتروناتٍ أو تَفْقِدُها أو تَتشارَكُها. ونَتيجةً لهذه التغيُّرات، فإنَّ كلَّ ذرَّةٍ في المُرَكَّب تَحوي عادةً غِلافًا خارجيًّا مُكْتَمِلًا من الإلكترونات. وهذا هو التَّشكُّلُ الإلكترونيُّ المُسْتَقِرُّ للغازِ النَّبيلِ الأَقْربِ في عدَدِه الذرِّيِّ إلى كُلِّ عُنْصر.

التكافؤ الكيماويُّ للعُنْصر هو عددُ الرَّوابط التي يجبُ أنْ يؤلِّفَها لِيُحقِّقَ تَشْكيلةَ الغازِ النَّبيلِ الأقربَ إليه في عَدده الذرِّيّ. الفلزَّاتُ غالبًا تَحوي إلكترونًا واحدًا أو اثنين في غِلافاتِها الخارجيَّة. وهي تَفْقِدُ هذه الإلكترونات بِسُهولةٍ لِيَغْدو الغِلافُ التالي تحتَه غِلافًا خارجيًّا مُكتَمِلًا. اللَّافلزَّاتُ، في أقصى اليَسار من الجَدْولِ الدَّوريِّ، يَنْقصُها عادةً إلكترونٌ واحِدٌ أو اثنان لِيَغْدو غِلافُها الخارجيُّ مُكتَمِلًا. لذا فإنَّها تَتَقَبَّلُ هذه الإلكتروناتِ المُكمِّلةَ بِسُهولةٍ من ذرَّاتِ عناصرَ أُخرى. والتكافؤاتُ الكيماويَّةُ لهذه العناصرِ هي أعدادُ الإلكترونات التي يجبُ أنْ تكسِبَها أو تَفْقِدَها لِتُشكِّلَ غِلافًا مُكْتَمِلًا.

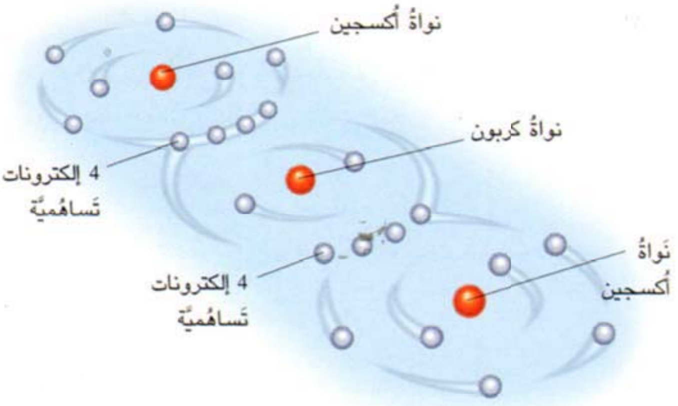
الغِلافاتُ الخارجيَّةُ للعناصِرِ المُتَواجدةِ في وَسَطِ الجَميعةِ الرئيسيَّةِ للجدولِ الدَّوريِّ يَنْقصُها ثلاثةٌ أو أربعةُ إلكتروناتٍ لِتَغْدو مُكتَمِلةً. فمثلًا، ذرَّةُ الكربون تَحْوي أربعةَ إلكتروناتٍ في غِلافِها الخارجيِّ الذي بِمَقدوره استِيعابُ ثمانية. وهو قَلَّما يَتَقَبَّلُ أربعةَ إلكتروناتٍ بِسَببِ التنافُرِ القويِّ بين الشِّحْناتِ السَّالبة. وبدَلَ ذلك فإنَّ ذرَّاتِ الكربون تَتجاوزُ غلافاتِها الخارجيَّةَ (وروابطَها) إلى غلافاتِ ذرَّاتٍ أُخرى فتَتشارَكُ وإيَّاها في أربعةِ إلكتروناتٍ لِتُؤلِّفَ العَدَّ المُكْتَمِل. وهكذا فإنَّ التكافؤَ الكيماويَّ للكربون هو أربعة.

الأَيُونات والتَّرابُطُ الأَيُونيّ

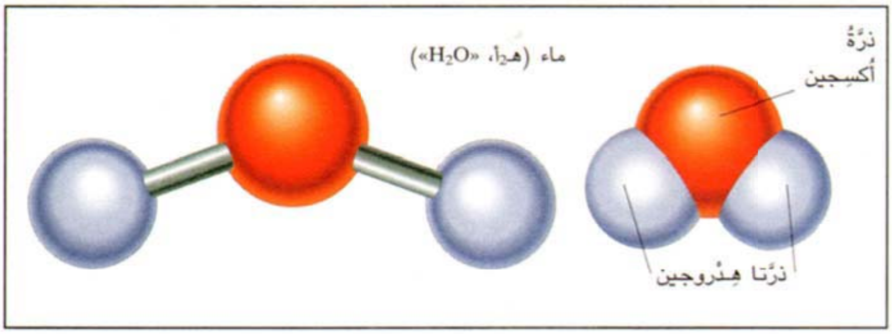
تَتكوَّنُ المُركَّباتُ الأَيُونيَّةُ عندما تَتبادَلُ ذرَّاتُ عُنْصرَيْن أو أكثَرَ إلكترونات لِتُكوِّنَ جُسَيْماتٍ مَشْحونةً، أو أيُونات، من كُلِّ عُنْصُر. تشكيلاتُ الأَيونات أشبَهُ بتشكيلاتِ الغازاتِ النَّبيلة، فشِحْناتُها تُعادِلُ واحِدَتُها الأُخرى فلا يَحْمِلُ المُركَّبُ بِمُجْملِه أيَّ شِحْنة.

ذرَّةُ الصوديوم تَحوي 11 إلكترونًا – إثنان منها في الغلافِ الأوَّل وثمانيةٌ في الغلافِ الثاني بحيثُ إنَّ هذين الغلافَين مُكْتَمِلان. ويَبْقى الإلكترونُ الحادي عشَرَ وَحْدَه في غلافٍ بمَقْدورِه استيعابُ ما مَجْموعه 18 إلكترونًا. الغِلافُ الخارجيُّ لِذرَّةٍ من الكلُور يَنْقصُه إلكترونٌ واحِدٌ ليَكتَمِل. تَترابَطُ ذرَّاتُ الكلُور تلقائيًّا بعضُها مع بعض أزواجًا مُكَوِّنةً جُزَيئاتٍ من الكلور (كل₂، Cl_2). في هذه الجُزَيئات الغلافُ الخارجيّ مُؤلَّفٌ من زَوجٍ إسهاميٍّ مُشترَكٍ من الإلكترونات. لكن بإضافة الصوديوم، فإنَّ ذرَّاتِ الكلور تتخلَّى عن هذا الترتيبِ التَّساهُميِّ لِتَتَّخِذَ كلٌّ منها إلكترونًا خاصًّا بها. وتَفقِدُ كلُّ ذرَّةِ صوديوم إلكترونَها الحادي عَشَر لِتَغْدو أيُونَ صوديوم (ص⁺، Na^+) مُوجَبَ الشِّحْنة. وفي الوقت نفسِه، تَكْسِبُ كلُّ ذرَّة كلُور إلكترونًا واحِدًا لِتَغْدو أيُونَ كلوريد (كل⁻، CL^-). فتَتجاذَبُ الشِّحْناتُ المُضادَّةُ لِهٰذين النوعين من الأَيُونات بقُوَّة. وتَترابَطُ الأَيُوناتُ معًا في نَسَقٍ مُنْتظِمٍ يُسَمَّى شَبيكةً بلَّوريَّة.

المَغْنيسيُوم يُكوِّنُ أيضًا كلوريدًا أيُونيًّا. لكنْ بخِلاف الصوديوم، تَحوي الذرَّةُ منه إلكترونَيْن في غلافِها الخارجيّ. وتَفْقِدُ ذرَّاتُه كلا هذين الإلكترونَين إلى ضِعْفِ العددِ من ذرَّاتِ الكلُور. فتُكوِّنُ أيُوناتُ المغنيسيُوم (مغ⁺²، Mg^{2+}) مِلْحًا، هو كلوريد المَغْنسيُوم، صِيغَتُه الكيماويَّة (مغ كل²، «$Mg\,Cl_2$») – حيثُ تكافؤُ المَغْنسيُوم إثنان.



في جُزَيءِ ثاني أُكسيد الكربون، تَرتبطُ كلُّ ذرَّةِ أُكسجين بذرَّةِ الكربون المَركزيَّة برابطةٍ تَساهُميَّةٍ مُزْدوجةٍ تتألَّفُ من زوجَيْن مُشترَكَيْن من الإلكترونات.

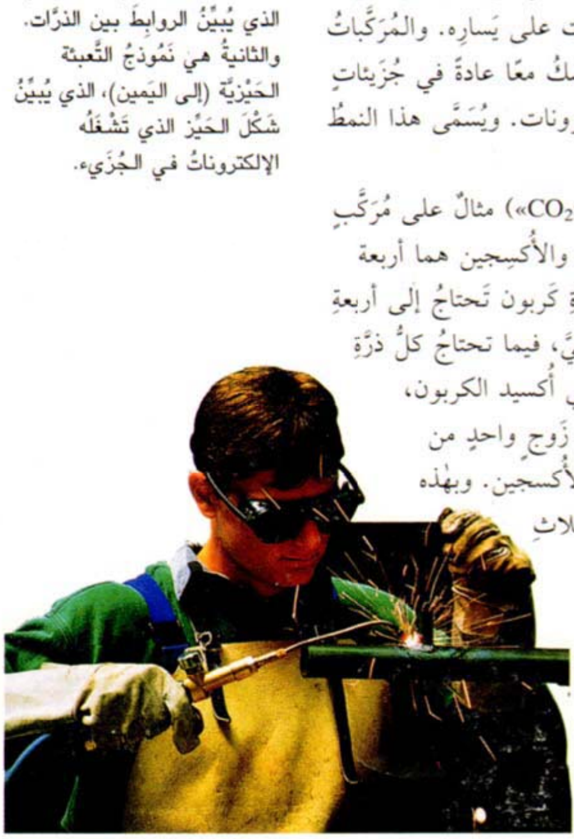


▲ هناك طريقتان لِرَسْم الجُزَيئات – الأُولى هي نَمُوذجُ الكُرات والقُضبان (إلى اليَسار)، الذي يُبيِّنُ الروابِطَ بين الذرَّات. والثانيةُ هي نَمُوذجُ التَّعبئة الحَيِّزيَّة (إلى اليَمين)، الذي يُبيِّنُ شَكْلَ الحَيِّز الذي تَشْغَلُه الإلكتروناتُ في الجُزَيء.

التَّرابُطُ الإسْهاميّ

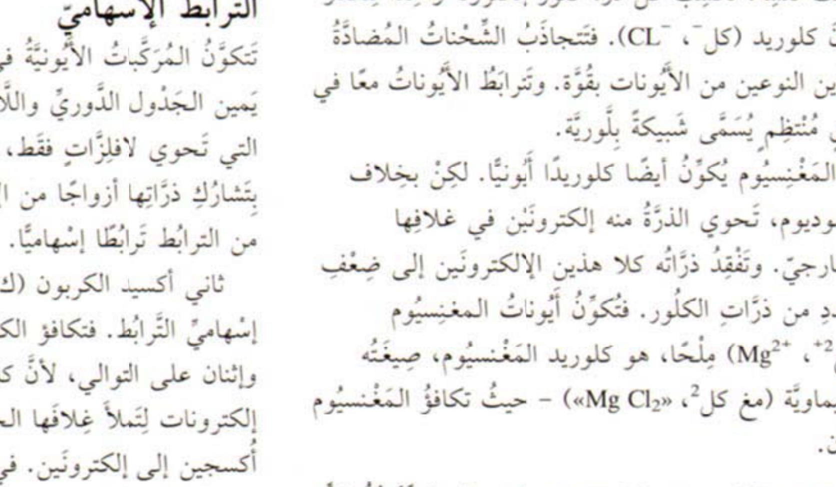
تَتكوَّنُ المُركَّباتُ الأَيُونيَّةُ في الأغْلَبِ بين الفِلزَّاتِ على يَمين الجَدْول الدَّوريّ واللَّافِلزَّات على يَسارِه. والمُركَّباتُ التي تَحوي لافِلزَّاتٍ فقط، تتماسَكُ معًا عادةً في جُزَيئاتٍ يَتشارَكُ ذرَّاتِها أزواجًا من الإلكترونات. ويُسَمَّى هذا النمطُ من الترابُط تَرابُطًا إسْهاميًّا.

ثاني أكسيد الكربون (ك أ₂، «CO_2») مثالٌ على مُركَّبٍ إسْهاميِّ التَّرابُط. فتكافؤ الكربون والأُكسجين هما أربعة وإثنان على التوالي، لأنَّ كلَّ ذرَّةِ كَربون تَحتاجُ إلى أربعةِ إلكترونات لِتَملأَ غِلافَها الخارجيَّ، فيما تحتاجُ كلُّ ذرَّةِ أُكسجين إلى إلكترونَين. في ثاني أُكسيد الكربون، تَشْتَرِكُ ذرَّةُ الكربونِ الواحدة في زَوجٍ واحِدٍ من الإلكترونات مع كُلٍّ من ذرَّتَي الأُكسجين. وبهٰذه الطريقة، تَمْلأُ كُلٌّ من الذرَّاتِ الثلاثِ غِلافاتِها الخارجيَّة.



▲ يَحْترِقُ الإيثايْن (ك₂ هـ₂، «C_2H_2»)، المَعروف أيضًا بالأَسيتيلين مُنْتِجًا ماءً (هـ₂أ، «H_2O») وثاني أُكسيد الكربون (ك أ₂، «CO_2») وحرارةً تكفي لِصَهْرِ الفُولاذ.

في الأمثلةِ الخَمْسةِ أدناه لِجُزَيئاتٍ إسْهاميَّة الترابُط، يُمَثِّلُ كُلُّ خَطٍّ رابِطةً إسهاميَّةً مُفْردة – هي زَوجٌ من الإلكترونات التَّساهُميَّةِ بين ذرَّتَيْن. التكافؤاتُ الكيماويَّةُ للعناصر هي كما يلي:
الكربون (ك، C) = 4؛ الكلُور (كل، Cl) = 1؛ الهِدْروجين (هـ، H) = 1؛ الأُكسجين (أ، O) = 2؛ الفُسْفور (فو، P) = 3

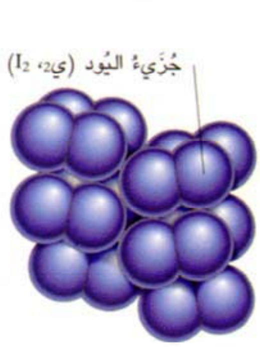


أُنْظر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
الذرَّات ص 150 – 151
الجَدْولُ الدَّوريُّ للعناصِر ص 152 – 153

بِنْيةُ الجَوامد

تتألَّفُ الجوامدُ من ذرَّاتٍ أو جُزَيئاتٍ أو أيُونات مُترابطةٍ معًا، وتعتَمِدُ خصائصُ الجامدِ على قُوى الرَّوابطِ التي تَشُدُّ مُكوِّناته.



يتألَّفُ اليُودُ الجامدُ من جُزَيئاتِ يُودٍ مُتَراتِبَةٍ في شَبيكةٍ مُنْتَظِمة. وكُلُّ جُزَيءٍ يَحوي ذرَّتَي يُود مُتَرابطتَيْن واحدتُهما بالأُخرى بقُوَّة. اليُودُ يتصَعَّدُ إلى بُخارٍ مباشرةً لأنَّ الرَّوابطَ بين جُزَيئاته ضعيفةٌ.

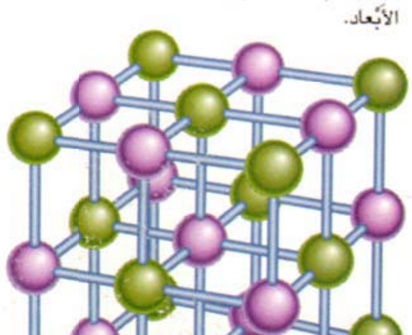
بِنْياتُ الكثيرِ من الجوامد تَقومُ على أساسِ نماذِجَ مُنتظِمةٍ تكراريَّةِ النَّمَط من الذرَّاتِ أو الجُزَيئات أو الأيُونات تُسَمَّى شَبيكات.

هُنالك أربعةُ أنماطٍ رئيسيَّة من البِنَى الشَّبيكيَّة: الجَوامدُ الأيُونيَّة، كَكلُوريد الصوديوم، تتألَّفُ من أيُوناتٍ مُوجبةٍ وسالِبة مُتَناوِبة. والجَوامدُ الجُزَيئيَّةُ، كعُنْصرِ اليُود، تتألَّفُ من جُزَيئاتٍ بَسيطةٍ مُرتَصَّةٍ معًا في شَبيكةٍ. والجَوامدُ الجُزَيئيَّةُ الكُبْريَّة، كالماسِ والغرافيت والزُّجاج، تَحوي جُزَيئاتٍ ضَخمةً يَضُمُّ الواحدُ منها مَلايينَ الذرَّات. والجَوامدُ الفِلِزِّيَّةُ تتألَّفُ من ذرَّاتٍ فِلِزِّيَّةٍ تَشُدُّها معًا سُحُبٌ من الإلكتروناتِ التي تتحَرَّكُ بِحُرِّيَّةٍ من ذرَّةٍ إلى أُخرى.

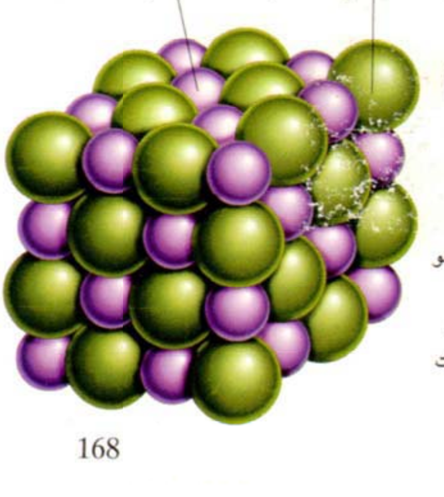
الجوامدُ الأيُونيَّة

الجَوامدُ الأيُونيَّةُ صَلْدةٌ ودَرجاتُ انصِهارِها عالية. هاتان الخاصَّتان هما نتيجَةٌ لِشِدَّةِ قُوى التجاذُبِ بين الأيُوناتِ المُتَضادَّةِ الشِّحْنة في شَبيكةٍ أيونيَّة. الجوامدُ الأيونيَّةُ قَصِفَةٌ أيضًا. فإذا سُلِّطتْ قوَّةٌ على خارِجِ بِلَّورةٍ، فإنَّها تُزَلِّقُ طَبَقاتِ الأيُونات بحيثُ تَغدو الأيُوناتُ المَثيلةُ الشِّحْنةِ مُتَتاخِمَةً – فتَتَنافرُ بِقُوَّةٍ تَفصِمُ الطَّبَقاتِ وتَشُقُّ الشَّبيكة.

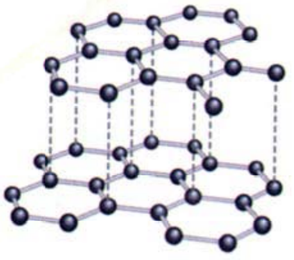
▼ تتألَّفُ بِلَّوراتُ كلوريد الصوديوم من أيُوناتِ الصوديوم والكُلوريد. هذا النَّموذجُ القَفَصيُّ الشَّكْلِ يُمثِّلُ الأيُونات كَكُرات؛ والكُراتُ مُفَسَّحةٌ في الرَّسم كي تَتوضَّحَ بِنْيتُها الشَّبيكيَّةُ الثلاثيَّةُ الأبْعاد.



كُلُّ أيُونٍ مُحاطٌ بستَّةِ أيُوناتٍ مُضادَّةِ الشِّحْنة. والتجاذُبُ بين الشِّحْنات يَشُدُّها معًا ضِمْنَ الشَّبيكة.



◄ هذا النَّمُوذجُ المالئُ الحَيِّزَ هو نَمُوذجٌ مُقَيَّسٌ لِشَبيكةِ كلوريد الصوديوم التكعيبيَّة. وهو يُبيِّنُ الحُجومَ النسبيَّةَ لِنَوعَي الأيُونات وكيفيَّةَ تَراتُبِها في الحَيِّز.





يُستَخْدَمُ الغرافيتُ في صُنْعِ عَبْوات أقلام الرَّصاص. الرَّوابطُ الضعيفةُ بين صُفَيحاتِ ذرَّاتِ الكربون تُتيحُ لها الإنزلاقَ بعضُها فوق بعض وتَرْكَ علاماتٍ على الوَرَق.

الجوامدُ الجُزَيئيَّة

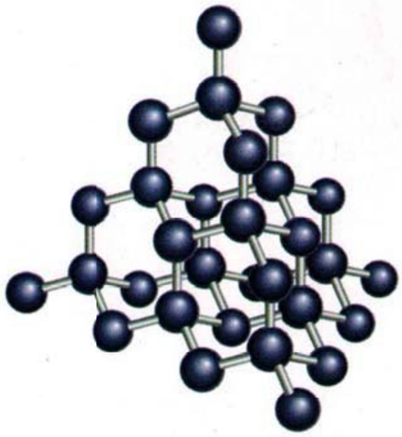
تتألَّفُ الجُزَيئاتُ من ذرَّاتٍ تَشُدُّها معًا روابطُ إسهاميَّةٌ قويَّة. فجُزَيءُ اليُود، مثلًا، يَحوي ذرَّتَي يُودٍ فقط مُتَّصلتَيْن برابطةٍ إسهاميَّةٍ مُفْردة. في الجامِدِ الجُزَيئيِّ تُشَدُّ الجُزَيئاتُ معًا بقُوى تجاذُبٍ ضَعيفة. لذلك تَنْصهِرُ الجوامدُ الجزيئيَّةُ على درجاتِ حرارةٍ خَفيضة. هذا الإنصِهارُ لا يُفكِّكُ الروابطَ الإسْهاميَّةَ بين الذرَّات – بل هو يَفْصِمُ قوى التجاذُبِ الضعيفةِ بين الجُزَيئات.

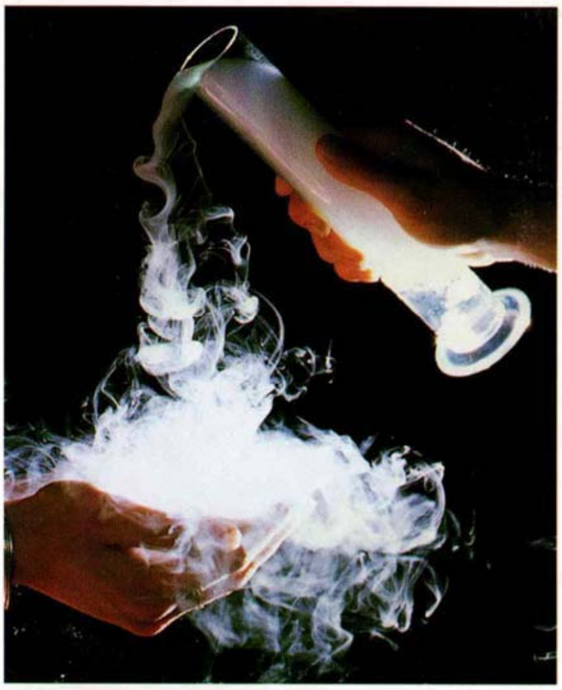
الجوامدُ الجُزَيئيَّةُ الكُبْريَّة

يتواجَدُ عُنْصرُ الكربون في شكلَيْن هما الماسُ والغرافيت. وكلاهما جامِدٌ جُزَيئيٌّ كُبْريٌّ يتألَّفُ من ذرَّاتِ الكربون فقَط، لكنَّهما مُختلفانِ جدًّا في شَكلِ البِنْية. ففي الغرافيت ترتبِطُ كُلُّ ذرَّةِ كربونٍ بثلاثِ ذرَّاتٍ أُخرى بروابطَ إسْهاميَّةٍ قَصيرةٍ وقويَّة. وتتضامُّ حَلَقاتٌ سُداسيَّةٌ من سِتِّ ذرَّاتٍ معًا لِتُكوِّنَ صُفَيْحاتٍ مُسَطَّحةً. إنَّ قُوى التجاذُب بين هذه الصُّفَيْحاتِ ضَعيفةٌ بحيثُ تَسْتطيعُ الصُّفَيْحاتُ الإنزلاقَ بيُسْرٍ واحدتُها فوق الأُخرى. وهذا يُكسِبُ الغرافيتَ مَلْمَسه الدُّهنيَّ بحيثُ يُستَخْدمُ كمُزَلِّقٍ جامِد. أمَّا في الماس فتتَّصِلُ كُلُّ ذرَّةِ كربون بأربَعِ ذرَّاتٍ أُخرى بروابطَ إسْهاميَّةٍ قويَّة. وتتضامُّ بلايينُ ذرَّاتِ الكربون معًا لِتكوِّنَ شَبيكةً مُجَسَّمةً ثُلاثيَّةَ الأبْعاد هائلةَ القوَّة. وهذا يجعَلُ الماسَ أصْلَدَ الجوامد المَعْروفة. الزُّجاجُ ذو بِنْيةٍ مَثيلةٍ لِبِنْيةِ الماس – تتألَّفُ من ذرَّاتِ السِّليكون والأُكسجين بدَلَ ذرَّاتِ الكربون. وهو أقلُّ صلادةً من الماس وفَصْمُ روابطِه أيْسَرُ.



► الماسُ أندرُ وأنفسُ قيمةً من الغرافيت. لكِنَّه مِثْلُه يتألَّفُ بالكامل من ذرَّاتِ الكربون. بِنْيةُ الماسِ (أدناه) مُختلِفةٌ تمامًا عن بِنْيةِ الغرافيت. وهذا يجعلُ هذين الجامدَيْن مُختلِفَيْن إلى حدٍّ بَعيد.





▲ على درجةِ – 78,5°س، يتصَعَّدُ ثاني أُكسيد الكربون الجليديّ (الجليد الجافّ) إلى غازٍ مُباشرةً دُونَ أنْ يَنْصهر؛ وإذا ما أُسقِط في الماء، فإنَّه يَتبَخَّر مُخَلِّفًا سَحابةً من البلُّوراتِ الجليديَّة. ويُستَخْدمُ هذا المَزيجُ لِتوليدِ ضَبابٍ كثيفٍ للظَّواهِرِ المَسْرَحيَّة.

الجوامِدُ الفلِزِّيَّة

تتألَّفُ الجوامدُ الفلِزِّيَّةُ من ذرَّاتٍ مُنفصلةٍ في بِنْيةٍ شَبيكيَّة. وهذه الذرَّاتُ تَتراصُّ معًا في طَبَقاتٍ مُراكَمٍ بعضُها فوق بعض. مُعْظمُ الفلِزَّات ذاتُ دَرجاتِ انصِهارٍ عاليةٍ بِسَبب قوَّةِ الروابطِ التي تَشُدُّ ذرَّاتِها في شَبيكات.

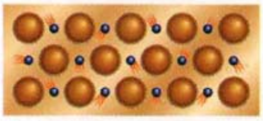
الروابِطُ الفلِزِّيَّةُ تَختلِفُ عن الروابطِ الأيُونيَّةِ والإسْهاميَّةِ كليهما. فبعضُ الإلكترونات، من كُلِّ ذرَّةٍ فلِزِّيَّة، حُرَّةُ التنقُّل من ذرَّةٍ إلى التالية. وهذا يجعَلُ ذرَّاتِ الفلِزّ، عندما تَتخَلَّى عن إلكتروناتِها، أيُوناتٍ مُوجِبةً، يَشُدُّها في شَبيكةٍ معًا بَحْرٌ من الإلكترونات الطليقة.

إذا سُلِّطتْ قُلطيَّةٌ على عَيِّنةٍ من فلِزّ، فإنَّ الإلكتروناتِ الطليقةَ تأخذُ بالإنسياق بعيدًا عن الطَّرف السَّالِبِ إلى الطَّرَف المُوجِب. وهكذا يَسْري التيَّارُ الكَهْربائيُّ عَبْرَ المُوَصِّلاتِ الفلِزِّيَّة.

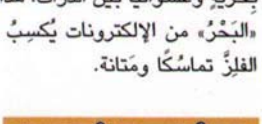
والفلِزَّاتُ، بخلافِ الجوامِدِ الأيُونيَّة، قابلةٌ للإنثِناءِ والمَطِّ لأنَّ طَبَقاتِ الأيُوناتِ الفلِزِّيَّةِ يُمكِنُها الإنزلاقُ بعضُها فوق بعضٍ دُونَ انْفِصامِ طَبَقاتِ الشَّبيكة.

مُوَصِّلاتٌ كهربائيَّةٌ أُخرى

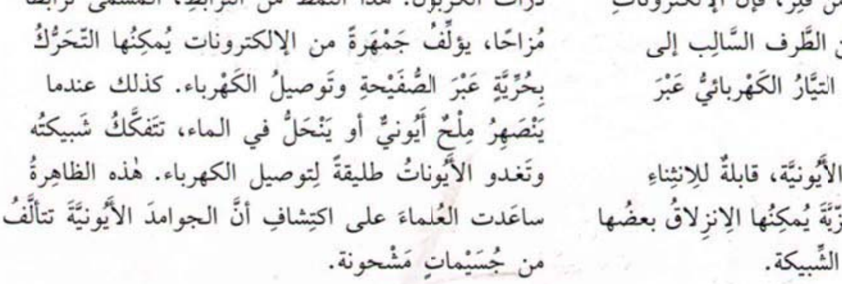
التيَّارُ الكهربائيُّ هو دَفْقٌ من الشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة؛ وهذه الشِّحْناتُ يُمكِنُ حَمْلُها إمَّا بواسِطةِ الإلكترونات أو بِواسِطةِ الأيُوناتِ الطليقةِ الحُرَّةِ الحَرَكة. في بعضِ الحالات، تَنِمُّ قُدْرةُ المادَّةِ الجامدة على تَوصيلِ الكهرباء عن مَعْلوماتٍ حولَ بِنْيتِها. فالغرافيتُ، مثلًا، هو مثَلٌ نادِرٌ على مُوَصِّلٍ لافلِزِّيّ. ذلك لأنَّ كُلَّ ذرَّةِ كربون، في الغرافيت، تَحوي ثلاثةً فقط من إلكتروناتِها الخارجيَّة في روابِطَ ثابتةٍ بين أزواجٍ من ذرَّاتِ الكربون. أمَّا إلكترونُ التَّرابُطِ الرابعُ، لكُلِّ ذرَّة، فيُسْهِمُ في رابطةٍ ضَخْمةٍ تَنْتَشِرُ عَبْرَ كامل صُفَيْحةِ ذرَّات الكربون. هذا النَّمطُ من الترابُط، المُسَمَّى ترابُطًا مُزاحًا، يؤلِّفُ جَمْهَرةً من الإلكترونات يُمكِنُها التَّحَرُّكُ بحُرِّيَّةٍ عَبْرَ الصُّفَيْحةِ وتَوصيلُ الكَهْرباء. كذلك عندما يَنْصَهِرُ مِلْحٌ أيُونيٌّ أو يَنْحَلُّ في الماء، تَتفكَّكُ شَبيكتُه وتَغدو الأيُوناتُ طليقةً لِتوصيلِ الكهرباء. هٰذه الظاهِرةُ ساعَدت العُلماءَ على اكتِشافِ أنَّ الجوامدَ الأيُونيَّةَ تتألَّفُ من جُسَيْماتٍ مَشْحونة.



في الحالةِ الجامدة، تكونُ ذرَّاتُ الفلِزِّ مُتَراصَّةً معًا بِتَقارُبٍ وَثيق. وتتحرَّكُ الإلكتروناتُ الخارجيَّةُ بِحُرِّيَّةٍ وعَشْوائيًّا بين الذرَّات. هذا «البَحْرُ» من الإلكترونات يُكسِبُ الفلِزَّ تماسُكًا ومَتانة.



عندما يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ الفلِزّ، تَسْتمِرُّ الإلكتروناتُ الطَّليقةُ بالتحَرُّكِ عَشْوائيًّا. لكنْ هنالك مُعَدَّلُ انسِيابٍ مُحَدَّدٍ يَسْري من الجُزْءِ السَّالِبِ للفلِزِّ إلى جُزْئه المُوجِب.



الفلِزَّاتُ والجوامدُ الأيُونيَّةُ ذاتُ بِنًى مَثيلة. فذرَّاتُ الفلِزّ، أو أيُوناتُ الجامِد، تَتراصُّ معًا لِتُكَوِّنَ طَبَقاتٍ من الأشكالِ السُّداسيَّةِ المُترابطة. وهذه الطَّبَقاتُ تَتلاقَقُ معًا لِتُكَوِّنَ شَبيكةً ثُلاثيَّةَ الأبْعاد.

أُنْظُر أيضًا

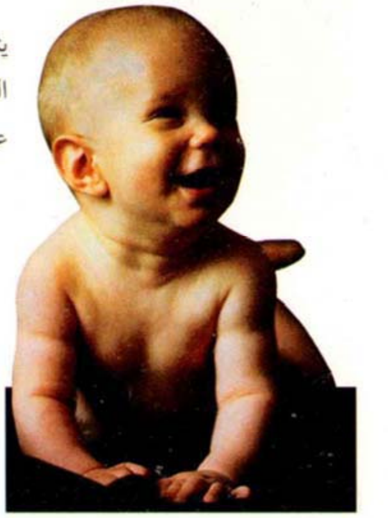
الذرَّات ص 150 – 151

خصائصُ الجوامد ص 194 – 195

خصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197

الكَرْبون

الكربونُ عنصرٌ لا فلزِّيٌّ، وهو أساسُ جميعِ الأَشكالِ الحياتيَّةِ على الأرض. يُكَوِّنُ الكربونُ مُرَكَّباتٍ أكثرَ بِكثيرٍ من أيِّ عُنْصرٍ آخرَ، لكِنَّه لا يتواجَدُ بوَفْرةٍ لافِتةٍ في قِشْرةِ الأرض.



هذا الطِّفْلُ، كجميعِ البَشَر، يتألَّفُ جِسْمُه من حوالى 20 بالمئة من الكربون. كذلك فإنَّ حوالى 4 بالمئة من الأعشابِ وَ 40 بالمئة من قُشورِ الحَشَرات وأصدافِ المَحار هي من الكربون.

يتواجَدُ الكربونُ طبيعيًّا في شكلَيْن تآصُلِيَّيْن هما الغرافيتُ والمَاس. وهو يُكَوِّنُ الكثيرَ من المُرَكَّبات مع عناصرَ أُخرى كما يتواجَدُ في كثيرٍ من المَعادِن. فالصُّخورُ الكلسيَّةُ والطباشيرُ والرُّخامُ كُلُّها أشكالٌ مُختلِفةٌ من كربوناتِ الكالسيُوم (كاك أ₃، $Ca\ Co_3$)، التي تكوَّنتْ من كائناتٍ بَحْريَّةٍ دقيقة قضَت منذُ مَلايينِ السِّنين.

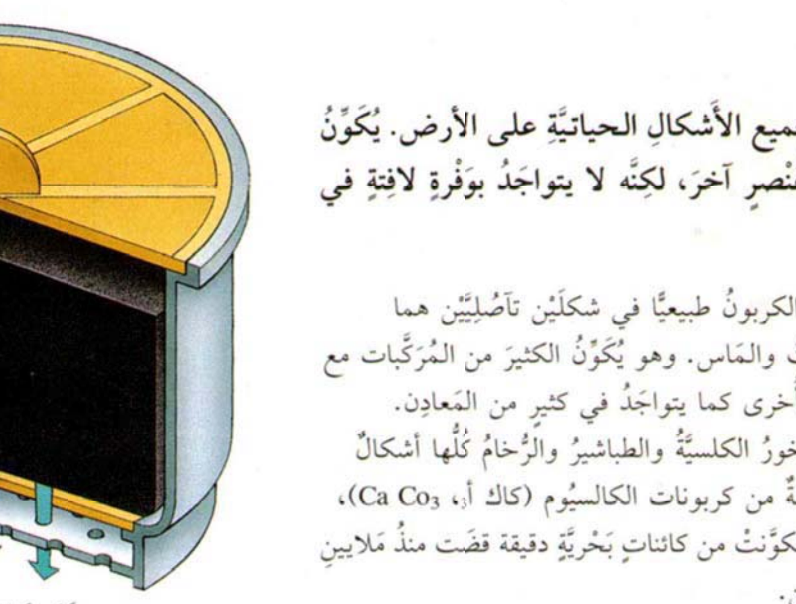
والخاصَّةُ الأهَمُّ هي أنَّ الكربونَ هو العُنْصرُ الوَحيدُ الذي تَسْتطيعُ ذرَّاتُه الترابُطَ بعضُها مع بعض لِتُكَوِّنَ حَلَقاتٍ وسلاسِلَ لا حَدَّ حَجْميًّا لها تقريبًا. ويُكَوِّنُ الكربونُ من المُرَكَّباتِ أكثرَ من المُرَكَّباتِ التي تكَوِّنُها جميعُ العناصرِ الأُخرى مُجتَمِعةً. فهو أساسُ الكيماويَّاتِ المَوجودةِ في الكائناتِ الحَيَّةِ والوُقُدِ الأُحفوريَّةِ والبِتْروكيماويَّات. ويَجْري تبادُلُ الكربون باستِمْرارٍ بين ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ وبين المُرَكَّباتِ في النَّباتاتِ والحيوانات. كما إنَّ حَرْقَ الوُقُدِ الأُحفوريَّة يُنْتِجُ ثاني أُكسيد الكربون.

شَكْلٌ جديدٌ من الكربون



اكتُشِفَ البَكْمِنسْتَر فُولَرين عام 1990. وجُزَيْئاتُه على شَكْلِ كُرَاتٍ – كُلُّ كُرَةٍ منها تضُمُّ 60 ذرَّةَ كربون.

البَكْمِنسْتَر فُولَرين هو شَكْلٌ من الكربون يُمكِنُ تَحْضيرُه بإحماءِ الغرافيت بقَوْسٍ كهربائيٍّ أو حُزْمةٍ لِيزَريَّة؛ وهو يتواجَدُ أيضًا في السِّناج. هذا الشَّكْلُ من الكربون يتألَّفُ جُزَيئُه من 60 ذرَّةَ كربون مُنتظِمةً على شَكْل كُرَة؛ وذرَّاتُ الكربون تُشَكِّلُ 12 مُخَمَّسًا وَ 20 مُسَدَّسًا (شَكْلًا سُداسيًّا) على سَطْح الكُرَة. وقد سُمِّيَ هذا المُركَّب باسم المُهَنْدس الأمريكيّ ريتْشارد بَكْمِنسْتَر فُولَر (1895 – 1983)، لأنَّ جُزَيئاتِه تُشْبِهُ المَباني المُقَبَّبَةَ السُّقوف التي صَمَّمها ذلك المُهَنْدس.

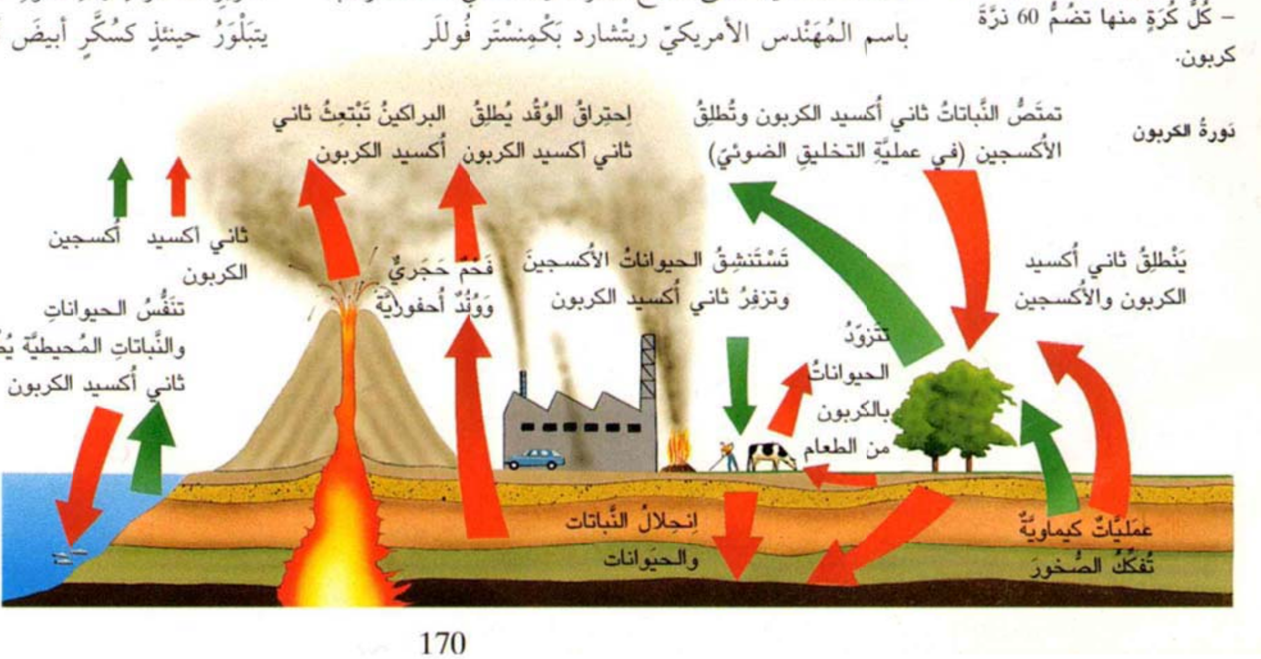


كثيرٌ من مُرَشِّحاتِ الماء المَنْزليَّةِ تَحوي فَحْمًا نباتيًّا. وأثناءَ انسِيابِ الماءِ عبْرَ المُرشِّحِ، يَمْتَزُّ الفَحْمُ، من الماءِ، الموادَّ المُذابَةَ فيه كالكلُور.

الفَحْمُ النباتيّ

تَتَراتبُ ذرَّاتُ الكربون في الفَحْم النباتيِّ عَشْوائيًّا. هذا الفَحْمُ يُصْنَعُ بحَرْقِ الخَشَب (الحَطَب) في فُرْنٍ مع قليلٍ من الهواء. ويُمكِنُ استِخْدامُه كوَقُودٍ لا دُخانيٍّ، فيتَوَهَّجُ بالحرارةِ الحمراءِ أثناءَ تفاعُلِه مع أُكسجين الهواء مُنْتِجًا ثاني أُكسيد الكربون.

الفَحْمُ النباتيُّ وافِرُ المَساميَّة؛ وهو يَمْتَزُّ أنواعًا كثيرةً من الجُزَيئاتِ مُشَكِّلًا معها روابطَ كيماويَّةً ضَعيفة. تُستَخْدَمُ مُرشِّحاتُ الفَحْم النباتيِّ لِتَنْقِيَةِ الغازات وإنْصالِ (إزالةِ ألوان) السَّوائل. فهي تُستَخْدَمُ، مثلًا، في أَقْنِعَةِ الغاز ومُرَشِّحات الماء. كذلك يُستَخْدَمُ الفَحْمُ النباتيُّ في صِناعةِ تكريرِ السُّكَّر لإزالةِ اللَّونِ البُنِّيِّ من مَحْلولِ السُّكَّر الذي يتَبَلْوَرُ حينئذٍ كسُكَّرٍ أبيضَ نَقِيٍّ.



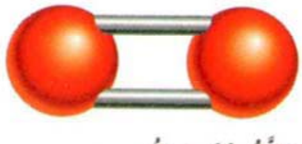
تَمْتَصُّ النباتاتُ ثاني اكسيد الكربون وتُطْلِقُ الأُكسجينَ أثناءَ عمليَّةِ التَّخليقِ الضوئيّ (التمثيلِ الكلوروفيليّ). الحيواناتُ تَلْتَهِمُ النَّباتات؛ وتَتَنَشَّقُ الأُكسجينَ وتُطْلِقُ ثاني أُكسيد الكربون في عمليَّةِ التنَفُّس. إحتِراقُ الوُقُدِ الأحفوريَّةِ يَسْتَهلِكُ الأُكسجينَ ويُطْلِقُ ثاني أُكسيد الكربون.

أُنظُر أيضًا

النَّبات – عرضٌ تشريحيّ ص 56 – 57، الذرَّات ص 150 – 151
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
التوازُنُ الطبيعيّ ص 434 – 435

النِّتْروجين والأُكسِجين

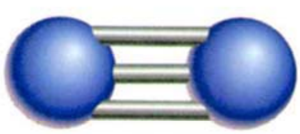
الهواءُ مَزيجٌ من الغازات يُحيطُ بالأرض ويُؤلِّفُ جَوَّها. غازا الأُكسجين والنِّتروجين يؤلِّفان 99 بالمئة من هذا الهواء.



يتألَّفُ جُزَيءُ الأُكسجين (أ$_2$، O_2) من ذرَّتَي أكسجين مُترابطتين معًا برابطةٍ إسْهاميَّةٍ ثُنائيَّة.

الأُكسجينُ والنِّتروجينُ كلاهما عُنْصُرٌ غازيٌّ تتألَّفُ الجُزَيئاتُ فيه من ذرَّتين مُترابطتَيْن بروابِطَ إسْهاميَّة. ففي جُزَيئاتِ النِّتروجين (ن$_2$، N_2) تَشُدُّ ذرَّتَي الجُزَيء معًا ثلاثُ روابط؛ وفي الأُكسجين (أ$_2$، O_2)، رابطتان فقط. الأُكسجينُ عُنْصرٌ شَديدُ التفاعليَّة - يُطْلِقُ غالبًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الحرارة عندما يَتفاعَل. النِّتروجين ذو تَفاعليَّةٍ أخفض بكثير.

التفاعُلاتُ الكيماويَّة



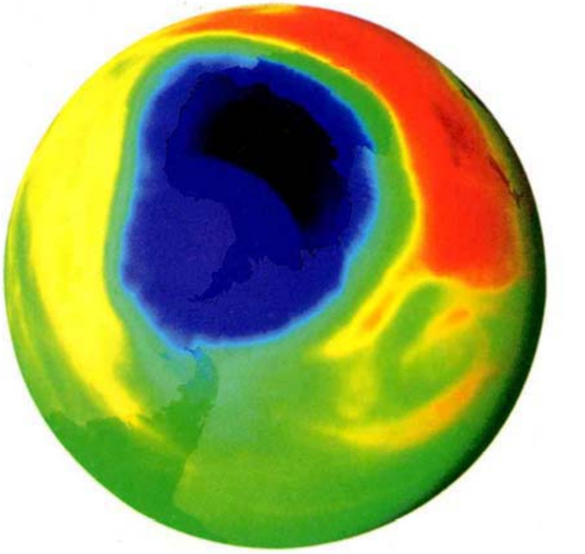
جُزَيئاتُ النِّتروجين (ن$_2$، N_2) يتألَّفُ واحِدُها من ذرَّتَي نِتْروجين مُترابطتَيْن معًا برابطةٍ إسْهاميَّةٍ ثُلاثيَّة.

يتفاعَلُ الأُكسجينُ مع مُعْظَمِ العناصِرِ الأُخرى مُنْتِجًا مُرَكَّباتٍ تُسَمَّى أكاسِيد. والأُكسيدُ الأشهَرُ والأعَمُّ من هذه الأكاسيد هو أُكسيدُ الهِدْروجين المَعْروفُ بالماء (هـ$_2$أ، «H_2O»). يَتفاعَلُ الحَديدُ بِبُطءٍ مع أُكسجينِ الهواء مُكَوِّنًا الصَّدأ، أو أكسيد الحديد (حـ$_2$ أ$_3$، «Fe_2O_3»).

عندما تَحْتَرِقُ الوُقُد وعندما تَتَنَفَّسُ الكائناتُ الحَيَّة، تَستَخْدِمُ الأُكسجين مُكوِّنَةً ثاني أُكسيد الكربون (ك أ$_2$، CO_2). والنَّباتاتُ تَستَخْدِمُ ثاني أُكسيد الكربون والماء لِتكوِّنَ أنسِجَتَها وتُطْلِق الأُكسجين. هذه العمليَّةُ تُسَمَّى التَّخليقَ الضَّوئيّ. النِّتروجينُ جُزْءٌ رئيسيٌّ من البروتينات في الكائناتِ الحيَّة. ويُتَبَدَّلُ هذا العُنْصرُ باستِمْرار بين جُزَيئاتِ نِتْروجينِ الجَوّ (الهواء) وبين نِتْروجين المُرَكَّباتِ النِّتْروجينيَّةِ في التُّربة ونِتْروجين البروتينات النباتيَّةِ والحيوانيَّة. ويُسَمَّى هذا التبدُّل دَورةَ النِّتروجين في الطبيعة.



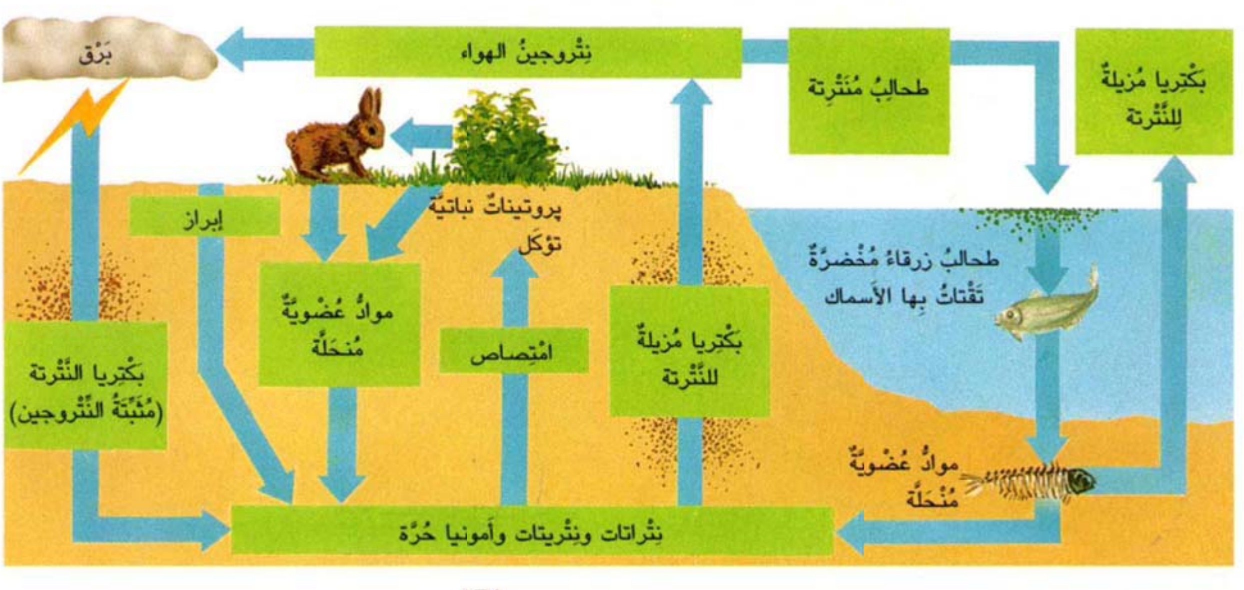
◄ صوفُ الفُولاذ يَحترِقُ بسُطوعٍ في الأُكسجين النَّقِيّ. وسُرْعةُ هذا التفاعُل أشَدُّ مِمّا لو كان الفولاذُ كُتْلةً جامدةً. وذلك لأنَّ خيُوطَ الفولاذ الرَّفيعةَ أفضلُ وأشَدُّ تماسًّا مع الأُكسجين.



هذه الصورةُ المُعَزَّزةُ حاسُوبيًّا التُقِطَتْ من ساتلٍ فوق القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجنوبيَّة. وهي تُبَيِّنُ ثَقْبًا في طَبَقةِ الأُوزون تَبْلُغُ مِساحَتُه 27 مليون كيلومتر مُرَبَّع.

الأُكسجين والأُوزون

الأُوزونُ شكلٌ آخَرُ تآصليٌّ من الأكسجين، صِيغتُه الكيماويَّةُ (أ$_3$، O_3) يتألَّفُ جُزَيئه من ثلاثِ ذرَّاتِ أُكسجين مُترابطةً على هيئةِ مثلَّث. يُشَكِّلُ الأوزون طبَقةً فوق سطحِ الأرض على ارتفاعِ حوالى 25 كيلومترًا. الأشِعَّةُ فوق البَنَفْسجيَّة في ضَوءِ الشَّمْس تَفْلِقُ جُزَيئاتِ الأُكسجين إلى ذرَّاتٍ مُنْفصِلَة، ثُمَّ تَتَّحِدُ هذه الذرَّات مع جُزَيئاتِ الأُكسجين (أ$_2$، O_2) مُكَوِّنَةً الأُوزون. تعمَلُ طبقةُ الأوزون كَساتِرٍ شَمْسيٍّ يَصُدُّ معظمَ الأشِعَّةِ فوق البنَفْسجيَّة المُؤذِية ويَمْنَعُها من بلُوغِ سطحِ الأرض. لكِنَّ غازاتِ العَوادِمِ من الطائرات، وبعضَ المِرَذَّات، والكيماويَّاتِ المُسْتَخْدَمَةَ في الثلَّاجات القديمة تُدَمِّرُ الأُوزون. فتَظْهَرُ ثُقوبٌ في طبقةِ الأوزون يَمُرُّ عَبْرَها مَزيد من الأشِعَّة فوق البَنَفْسجيَّة التي تُلْحِقُ الضررَ بالنَّباتات وتسبِّبُ تَزايُدًا في إصاباتِ السَّرطان الجِلْديّ في البَشَر.



◄ دَورةُ النِّتْروجين تُبادِلُ النِّتْروجين باستِمْرار بين الهواءِ وبين الكائناتِ الحَيَّة. والبَرْقُ والبَكْتِريا تُحَوِّلُ غازَ النِّتْروجين إلى نِتْرات في التُّرْبة. والنَّباتاتُ تَستَخْدِمُ هذه الأملاحَ لِتُكوِّنَ بروتيناتٍ هي قُوتٌ للحيوانات. الإنحِلالُ والإبرازُ يُعيدان الأملاحَ إلى التُّرْبة، حيثُ تُحَلِّلُها بعضُ البكْتِريا وتُطْلِقُ منها غازَ النِّتْروجين.

أُنْظُر أيضًا

النَّبات - عرضٌ تشريحيّ ص 56 - 57
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 - 163
الهواء ص 172

الهواء

الغازاتُ التي يتألَّفُ منها جَوُّ الأرض (الهواء) ضَروريَّةٌ وحيَويَّةٌ لِبَقاءِ الحياةِ على الأرض. وهي تتفاعَلُ باستِمْرارٍ مع الكائناتِ الحيَّة وتتأثَّرُ بها.

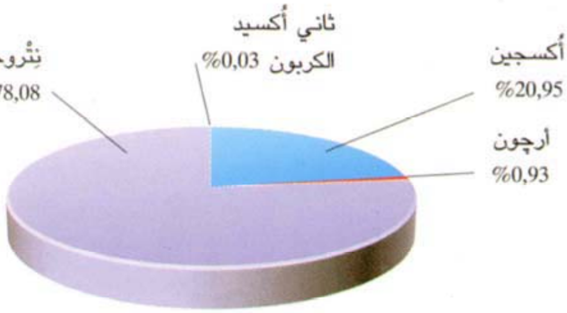


بَنّاءٌ يُحَضِّرُ وَجْهًا بَديلًا لِتِمثالٍ تضرَّرَ كثيرًا بالمَطَر الحامضيّ. المطَرُ الحامضيُّ هو مَزيجٌ مُخَفَّفٌ من حامضَي النِّتريك والكِبْريتيك يتكوَّنُ باختِلاط غازاتِ احتراقِ الوُقُد الأحفوريَّة مع ماءِ المَطَر.

يتألَّفُ الهواءُ تقريبًا من حوالى 78 بالمئة نِتْروجين، وأكثرَ قليلًا من 20 بالمئة أُكسجين، وَ واحد بالمئة أرجون، وكمِّيَّاتٍ ضئيلة من ثاني أُكسيد الكربون ومنَ الغازاتِ النبيلةِ غير الأرجون. طبَقةُ الهواء حول الأرض كافِيَةٌ للتنَفُّس حتَّى ارتفاع 10 كيلومترات فوق سطح البَحْر - أي إنّه لو مُثِّلَت الأرضُ بِحَجْم كُرَةِ القَدَم، لكان سمكُ الهواء الكافي للتنَفُّس أقلَّ من مليمترٍ واحد.

غازاتٌ من الهواء

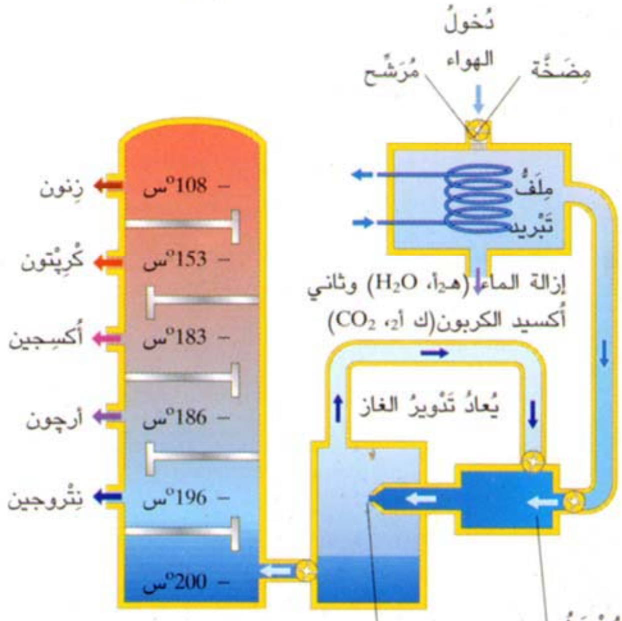
كثيرٌ من العمليَّات الصِّناعيَّة تَسْتَخْدِمُ غازاتٍ من الهواء. فالأُكسجينُ يُسْتَخْدَمُ في إنتاجِ الفولاذ وفي التَّلْحيم. ويُسْتَخدَمُ النِّتروجينُ في صُنْعِ الأَمونيا، التي تُستَخْدَمُ بِدَوْرِها في صُنْعِ الأَصْباغِ والأَسْمِدةِ والمُتفجِّرات والعَقاقيرِ واللَّدائن. ويُكْسِبُ ثاني أُكسيد الكربون الأشربَةَ الآزَّةَ فقاقيعَها. والأرجون كما النِّيون - وكلاهما غازٌ نبيلٌ عَديمُ التفاعُلِيَّةِ الكيماويَّةِ تقريبًا، يُسْتَخْدَمُ في تعبئةِ صَمَجاتِ الإنارة. وجميعُ هذه الغازات يُمكِنُ الحصولُ عليها من الهواءِ بِطريقةِ التَّقْطير التَّجْزيئيّ.



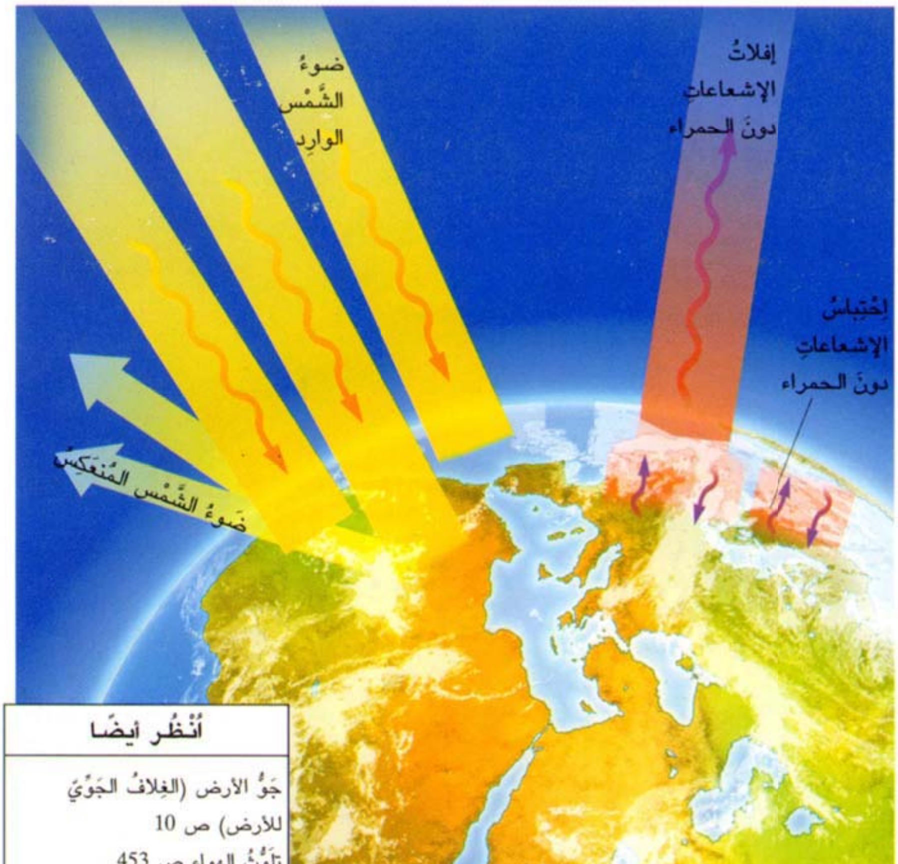
التركيبُ الأساسيُّ للجَوّ يَبْقى ثابتًا تَقْريبًا من يوم لآخر. أمَّا كمِّيَّةُ التلوُّثِ في الهواء فتَتَغَيَّرُ حسَبَ الوقت والمَوقع الجُغرافيّ.

تَلَوُّثُ الهواء

جميعُ الصِّناعاتِ تقريبًا تَعْتَمِدُ على الوُقُدِ الأُحفوريَّةِ كمَصْدرٍ للطاقة. واحتِراقُ هذه الوُقُدِ يُنْتِجُ أكاسيدَ من الكِبْريت والنِّتروجين تُسَبِّبُ مَطرًا حامِضيًّا وأمراضًا رِئويَّةً. المَطرُ الحامضيُّ يُذيبُ بعضَ أنواعِ الصُّخور تَدريجيًّا ويُمكِنُه قَتْلُ الأشجارِ والأَسْماك. ويَحْتَبِسُ ثاني أكسيد الكربون، في الهواء، الحرارةَ من الشَّمْس ويمنَعُ الأرضَ من أن تَبْرُدَ إلى مُستوًى أبْرَدَ من أنْ يَصْلُحَ للعيش. ويُعْرَفُ هذا بِظاهِرةِ الدَّفيئات. لكِنَّ تزايُدَ ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ الناتج عن تزايُد حَرْقِ الوُقُدِ الأُحفوريَّة آخِذٌ في زيادةِ مُعدَّلِ درجةِ حرارة جَوِّ الأرض. هذه الظاهِرةُ، المعروفةُ بالحُموِّ العالميّ، يُمكِنُها إحداثُ أضرارٍ بيئيَّةٍ طويلةِ المَدى والأمَد.



▲ في درجة - 200°س، يُمكِنُ فَصْلُ الهواءِ السائلِ إلى غازاتِهِ المُكَوِّنة بعمليَّةِ التَّقْطير. التبريدُ الناشِطُ يُزيلُ ثاني أكسيد الكربون (ك أ2، CO_2) والماءَ (هـ2أ، H_2O) من الهواء. ثُمَّ بعمليَّاتِ الضَّغْطِ والتبريدِ والتمَدُّدِ المُتكرِّر يُبَرَّدُ الهواءُ حتَّى يصيرَ سائلًا.



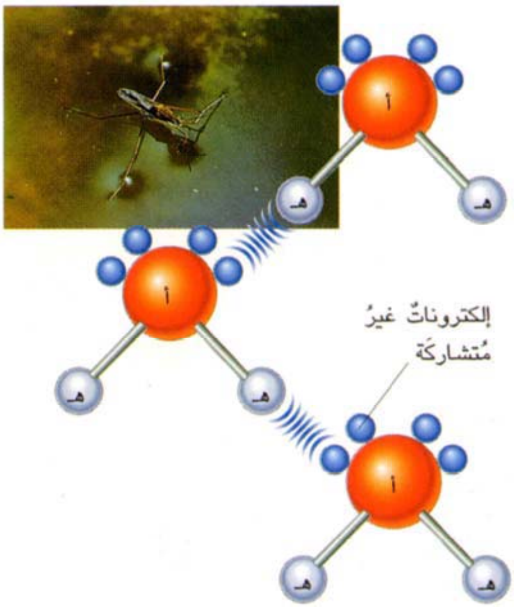
◄ سطحُ الأرض يُسَخَّنُ بأشِعَّةِ الشَّمْس. والأرضُ تفقِدُ حرارةً على شَكْلِ إشعاعاتٍ دونَ الحمراء. ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ يَحْتَبِسُ بعضَ هذه الإشعاعات مُسبِّبًا ما يُسَمَّى ظاهرةَ الدَّفيئات.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجَوِّيّ للأرض) ص 10
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تَغيُّرُ المُناخ ص 460

المَاء

الماءُ سائلٌ عديمُ اللَّونِ والرَّائحة، وصِيغَتُه الكيماويَّة هي (هـ$_2$أ، H_2O). على ضَغْطٍ جَوِّيٍّ عِياريٍّ، يَتجَمَّدُ الماءُ على درجةِ صِفْر°س، ويَغلي على درجة 100°س.



قُوى التجاذُب بينَ جُزَيئاتِ الماءِ تُكْسِبُه تَوَتُّرًا سَطْحيًّا يُمَكِّنُ بعضَ الحَشَرات من التَنَقُّلِ على سَطْحِه دُونَ أنْ تَغوص.



معظَمُ الموادِّ تَغدو أكثفَ عندما تَتجَمَّد؛ لكِنَّ الجليدَ أقلُّ كثافةً بقليلٍ من الماء. لذا، تَطْفو جبالُ الجليدِ في البَحْر كما تَطْفو مُكَعَّباتُ الجليدِ في كؤوس الشَّراب.

رُغْمَ أنَّ الماءَ هو أحَدُ الموادِّ الكيماويَّة المألوفةِ جدًّا، فأنَّه يَتمَيَّزُ ببعضِ الخصائصِ غَيْرِ العاديَّة. فمثلًا مُرَكَّبا الأمونيا (ن هـ$_3$، NH_3) وكبريتيدُ الهِدْروجين (هـ$_2$كب، H_2S) شَبيهانِ بالماءِ من حيثُ أنَّ كلَيهما مُرَكَّبٌ من لا فلِزٍّ مُتَّحِدٍ مع الهِدْروجين. وكلاهما ذو جُزَيئاتٍ أثقَلَ من جُزَيئاتِ الماء، مِمَّا يُفْتَرَضُ أن يجعَلَ دَرَجاتِ غلَيانِهما أعلى من درجةِ غلَيانه. لكِنَّ الواقِعَ هو أنَّ الأمونيا وكِبْريتيدِ الهِدْروجين كليهما غازٌ في درجةِ حرارةِ الغُرفة، بينما الماءُ سائلٌ. فالتجاذُبُ القَويُّ غَيْرُ العاديِّ بين جُزَيئاتِ الماء يجعَلُه سائلًا في درجةِ حرارةِ الغُرفة.

يتألَّفُ جُزَيءُ الماءِ من ذَرَّةِ أكسجين مُترابطةٍ مع ذرَّتَي هِدْروجين. ذرَّةُ الأكسجين تَشُدُّ الإلكترونات بعيدًا عن ذرَّتَي الهِدْروجين؛ مِمَّا يُكْسِبُها شِحْنَةً سالِبَةً ضئيلة، بينما ذَرَّتا الهِدروجين ذاتا شِحْنَتَيْن مُوجِبَتَيْن. هذه الشِّحْناتُ تَجْذِبُ جُزَيئاتِ الماء بعضَها إلى بعض؛ وهذا يجعلُ الماءَ مُذيبًا ممتازًا للجُسَيْمات المَشْحونةِ كالأيُونات التي تؤلِّفُ الأملاح.

الماءُ في كُلِّ مَكان

يُغَطِّي الماءُ 70 بالمئة من سَطْح الأرض. ويَتواجَدُ حوالى 97 بالمئة من ماءِ الأرضِ في المُحيطاتِ والبِحار؛ وأقلُّ من واحد بالمئة في البُحَيْراتِ والأنهار؛ والباقي هو في الغالب جَليدٌ أو ثَلج.

الماءُ ضَروريٌّ للحياة؛ فهو يُؤلِّفُ حوالى 70 بالمئة من الجِسْمِ البَشريّ، في حين تتألَّفُ الخَسَّةُ من حوالى 98 بالمئة ماء. الحيَواناتُ والنَّباتاتُ تَسْتَخْدِمُ الماءَ في دَواخِلِها لِنَقْلِ المُغَذِّياتِ والمُنْتَجاتِ الفَضَلاتيَّة. فالدَّمُ البَشريُّ يتألَّفُ من حوالى 90 بالمئة ماء؛ والنُّسْغُ، الذي يَدورُ في النَّباتات، هو أيضًا في مُعظَمِه ماء.



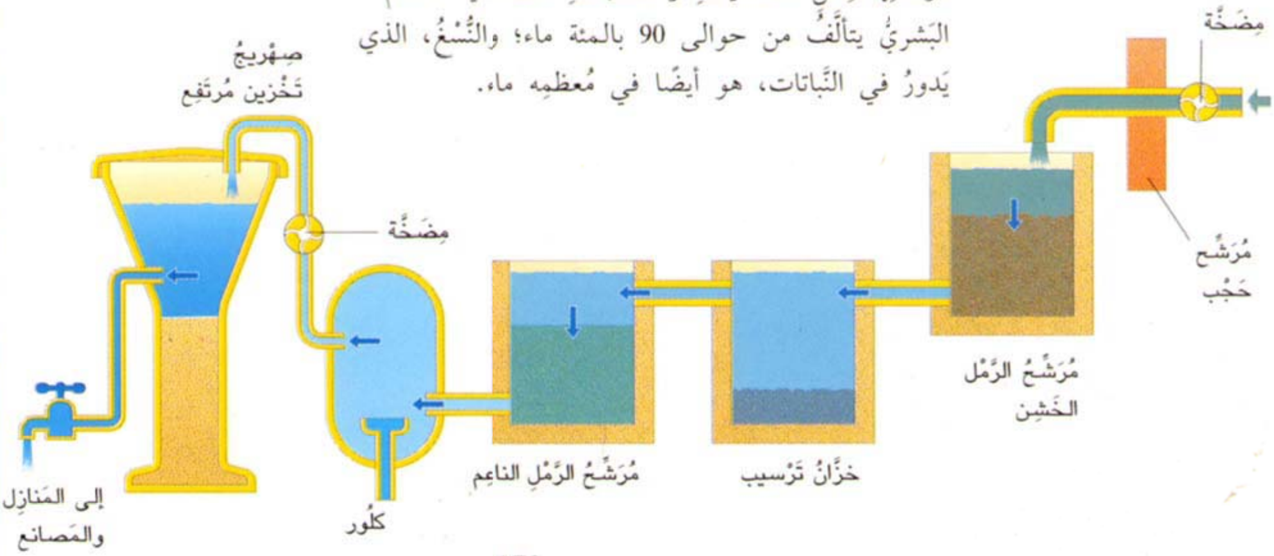
شَجَرةُ البلُّوط البالِغَةُ تَفْقِدُ بالنَّتْح، خِلالَ فَصْلِ الصَّيْف، حوالى 250 لِتْرًا من بُخارِ الماءِ يوميًّا.

مَوارِدُ الماء

يؤخَذُ الماءُ من الخَزَّانات أو الأنهارِ أو الآبارِ الجَوفيَّة لإمدادِ المنازل بحاجاتها منه. والماءُ من هذه المَصادرِ يَحوي موادَّ مُذابَةً من صُخورِ الأرض؛ وقد يَحوي كيماويَّاتٍ استَخْدَمَها المُزارِعون في تَسْميدِ أو رشِّ مَزْروعاتِهم. الماءُ العَسِرُ، الذي يُشَكِّلُ غُثاءً، ولَيْسَ رَغوةً، مع الصابون، يَحوي أملاحًا من الكالسيُوم والمَغْنسيُوم مُذابةً فيه. وقد يَحوي الماءُ غيرُ المُعالَجِ أيضًا موادَّ جامدةً كالرَّمْل وجُسَيْماتِ التُّربة، وغالبًا جراثيمَ مُؤذية.

مَحَطَّاتُ تكريرِ المياه تجعَلُ الماءَ صالِحًا للشُّرْب بإزالةِ الموادِّ الجامدة منه وإبادةِ المُتَعَضِّيات المُؤذية فيه. أمَّا الأملاحُ المُذابةُ غيرُ المُؤذيةِ فإنَّها تُتْرَكُ فيه عادةً.

تتلَقَّى مَحطَّةُ التكرير المياهَ من بُحَيْرةٍ أو نَهْرٍ أو جَدْول. المَصافي تُزيلُ الأجسامَ الكبيرة، والمُرَشِّحاتُ المُتزايِدَةُ الدِّقَّة تُزيلُ كافَّةَ الجُسَيْماتِ الجامدة المُسْتَعْلَقَة. ويُسْتَخْدَمُ الكلُور (كل$_2$، Cl_2) لإبادةِ الجراثيم؛ وفي بعضِ البُلْدان يُسْتَخْدَمُ الأوزونُ لِهذا الغَرَض لأنَّ تأثيرَه في طَعْم الماءِ أقلُّ كثيرًا من تأثير الكلُور.



أُنْظُر أيضًا

الكيمياءُ العُضْويَّة

الكيمياءُ العُضْويَّةُ هي دِراسةُ مُرَكَّباتِ الكربون. والكثيرُ من هذه الموادّ هو من تَخْليقِ الكائناتِ الحيَّة؛ فيما تُحَضَّر الأُخَرُ اصْطِناعيًّا.

هنالك حوالَى 3 ملايينَ مُرَكَّبٍ عُضْويٍّ يَحوي مُعْظمها ذرَّاتِ الكربون مُترابِطةً معًا في حَلَقاتٍ أو سَلاسِل.



البروپان (ك3هـ8، «C_3H_8») هو أحد الألْكانات؛ ويُمكِنُ تَخْزينُه في أُسْطواناتٍ فولاذيَّةٍ تحت الضَّغْط. غازُ البروپان المُسَيَّلُ يَتَبَخَّرُ في الحاروق (المَوقِد) ويَحْتَرِقُ بِلَهَبٍ حارٍّ نَظيف.

الهِدْروكَرْبونات

الهِدْروكَرْبوناتُ مُركَّباتٌ عُضْويَّةٌ تتألَّفُ من ذرَّاتِ الكربون والهِدْروجين فقط. النِّفْطُ الخامُ مَزيجٌ مؤلَّفٌ من حوالى 300 هِدْروكربون تختلِفُ تَبعًا لِنَوعِ النِّفْط. والغازُ الطبيعيُّ يتألَّفُ من حوالى 99 بالمئة مِيثان (ك هـ4، «CH_4»). الهِدْروكربوناتُ تُسْتَخْدَمُ كوُقُودٍ، وهي تَشْمَلُ الغازَ الطبيعيَّ، والغازَ المُعبَّأَ في قَوارير، والبِنْزينَ، وزَيْتَ الدِّيزِل والكِيروسين (الكاز).

الألْكانات (البرافينات)

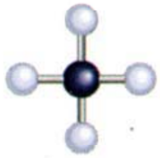
الميثان (ك هـ4، «CH_4») هو العُضْو الأوَّلُ في أُسْرةٍ (أو سلسلة) من الهِدْروكربونات تُسَمَّى الألْكانات (البرافينات) صيغتُها الكيماويَّة العامَّة هي C_nH_{2n+2} «ك ن هـ2ن+2». الأعضاءُ أو المُركَّباتُ الأُخرى في هذه السِّلسلة هي الإيثان (ك2 هـ6، «C_2H_6») والپروپان (ك3 هـ8، «C_3H_8» والبيُوتان (ك4هـ10)) إلخ – ويَحوي العُضْوُ في السِّلسلة مجموعةً CH_2 (أي ذَرَّة كربونٍ واحدة وذرَّتَي هِدْروجين) أكثرَ من العُضْوِ الذي يَسْبِقُه. اللَّاحقةُ (-ان، ane-) تُبيِّنُ أنَّ المُركَّبَ هو عُضْوٌ في هذه الفئة.



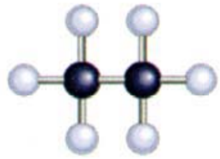
البروم عُنْصرٌ هالوجينيٌّ سائل، عالي التفاعُليَّة، ذو لَونٍ أحمرَ بُنِّيّ. هذا اللَّونُ يَبْهَتُ بِبُطءٍ عندما تَحُلُّ ذرَّاتُ البروم مَحَلَّ ذرَّات الهِدْروجين في الإيثان واحدةً بواحدة. هذا النَّمَطُ من التفاعُل يُسَمَّى تفاعُلًا استِبْداليًّا.



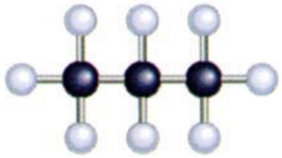
يَتلاشَى لونُ البروم بسُرعة عندما يُمْزَجُ مع أحدِ الألْكينات. إذ تتفَتَّحُ رابطةُ الكربون – كربون الثُّنائيَّة وتَنْضافُ ذرَّاتُ البروم إلى الهِدْروكربون. هذا النَّمَطُ من التفاعُل يُسَمَّى تفاعُلَ إضافة.



الصِّيغةُ الجُزَيئيَّة للميثان (ك هـ4، «CH_4») تُبَيِّنُ أنواعَ الذرَّات المَوْجودة فيه وأعدادَها. أمَّا الصِّيغةُ البِنْيويَّةُ فتُبَيِّنُ كيفيَّةَ تراتُب تلك الذرَّات معًا.



صِيغةُ الإيثان الجُزَيئيَّة هي (ك2هـ6، «C_2H_6»). وتُبيِّنُ صِيغتُه البِنْيويَّةُ (ك هـ3 – ك هـ3، «$CH_3 - CH_3$») أنَّ كُلَّ ذرَّةِ كربون مُترابِطةٌ مع ثلاثِ ذرَّات هِدْروجين.



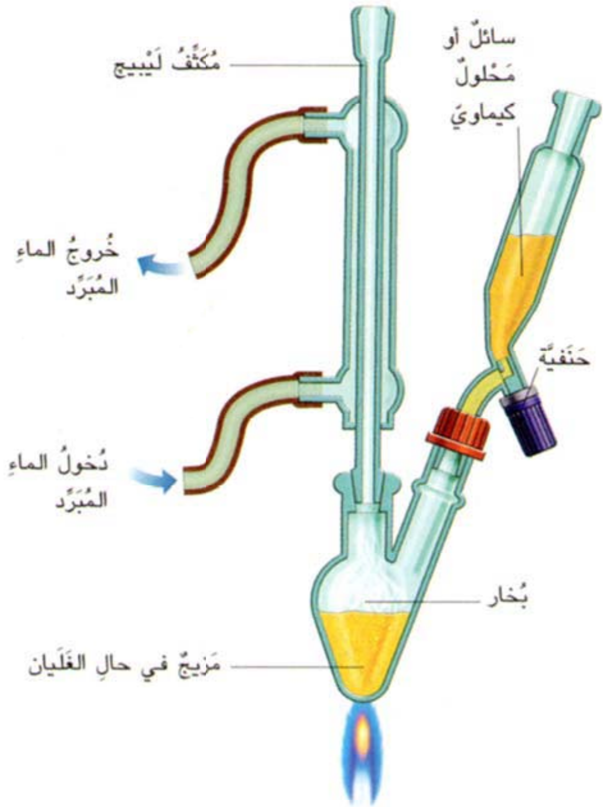
صِيغةُ البروپان هي (ك3هـ8، C_3H_8). وتُبيِّنُ البادِئةُ (پروپ-) في اسم المُركَّب أنَّه يَحوي ثلاثَ ذرَّاتِ كربون. فيما تُشيرُ البوادئُ (پِنْت-) وَ (هِكْس-) وَ (هپت-) وَ(أوكت-) إلى وُجودِ خَمْس، وسِتّ، وسَبْع، وثماني ذرَّات على التوالي.

الألْكينات

الألْكيناتُ تحتوي على رابطةٍ ثُنائيَّةٍ (مُزدوجة) واحدةٍ على الأقلّ بين ذرَّتين من الكربون؛ وهي تُسَمَّى مُرَكَّباتٍ غير مُشْبَعةٍ بِسبَبِ هذه الروابط الثُّنائيَّة – فيما الألْكاناتُ تحوي روابطَ أُحاديَّةً فقط وهي مُرَكَّباتٌ مُشْبَعة. الصِّيغَةُ الكيماويَّةُ العامّة للألْكينات هي C_nH_{2n}. العُضْوان الأوَّلان في أُسْرةِ الألْكينات (الأولفينات) هما الإيثين (ك2هـ4، «C_2H_4») والپروپين (ك3 هـ6، «C_3H_6»). الصِّيغتان البِنْيويَّتان للإيثين والپروپين هما (ك هـ2 = ك هـ2، $CH_2 = CH_2$) وَ (ك هـ3 – ك هـ = ك هـ2، $CH_2 = CH - CH_3$) على التوالي وهما تُبَيِّنان روابطهما الثُّنائيَّة (المُزْدوجة).

الروابطُ الثُّنائيَّةُ تُكْسِبُ الألْكينات مَزيدًا من التفاعُليَّة بالمُقارنة مع الألْكانات. فيُمكِنُ أن تتفكَّكَ إحدى الروابط الثنائيَّة وتُكَوِّنَ روابطَ مع ذرَّاتٍ أُخرى. الزُّيوتُ النباتيَّةُ المُتعدِّدةُ اللَّاإشباع التي تَحوي عِدَّةَ روابطَ ثُنائيَّةٍ (مُزدوجة) تَتفاعَلُ مع الهِدْروجين فَتُكوِّنُ دُهونًا مُشْبَعةً جامدة – وذلك بِتَفَتُّحِ روابط الكربون – كربون الثنائيَّة لتصيرَ روابطَ كربون – هِدْروجين، تاركةً روابطَ أُحاديَّةً حيث كانت الروابطُ ثُنائيَّة.

ويُمكِنُ للألْكيناتِ البَسيطةِ الترابُطُ معًا لِتُكوِّن جُزَيئاتٍ طويلةً جِدًّا تُسَمَّى مَكْثُورات (پُوليمرات). فتفاعُلُ الكَوْثَرة (البَلْمَرة) للإيثين يُنْتِجُ البُولِيثين بتَفَتُّحِ رابطةٍ ثُنائيَّةٍ في كُلِّ جُزَيءٍ ووَصْلِه بِجُزيئَي إيثين أو أكثر مع تَنامي سِلْسلةِ المَكْثُور.



التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ البَطيئةُ يُمكِنُ تَسريعُها بواسِطةِ الحرارة. الجهازُ المُبَيَّنُ أعلاه يتألَّفُ من ثلاثةِ أجزاءٍ رئيسيَّة. فالتفاعُلُ يَجْري في القارورة المُحْماةِ في أسفَلِ الجهاز؛ والحَنَفيَّةُ تتَحكَّمُ في إضافةِ السوائلِ إلى القارورة؛ والمُكثِّفُ العَموديُّ يُبَرِّدُ الأَبْخِرةَ الصاعِدةَ من القارورة ويُحَوِّلُها إلى سائلٍ يَنْسابُ عائدًا إلى القارورة.

المَجْموعاتُ الوَظيفيَّة

الرَّابطةُ الثنائيَّةُ في جُزَيئاتِ الأَلْكينات تُكْسِبُها خصائصَها المُمَيِّزة؛ وهي مَثَلٌ على مَجْموعةٍ وَظيفيَّة. فعندما تَحُلُّ عناصِرُ أو مجموعاتُ ذرَّاتٍ مُختلِفةٌ مَحَلَّ ذرَّاتِ الهِدْروجين في الأَلْكانات، وفي هِدْروكَرْبوناتٍ أُخرى، تَنْتُجُ أُسَرٌ (أو سلاسِلُ) جديدةٌ من المُرَكَّبات.

الكحُولاتُ كُلُّها تَحوي مَجْموعةَ الهِدْروكسيل (-أهـ، «-OH») مُترابطةً مع ذرَّةِ كَرْبون. فالإيثانول (ك2 هـ5 أهـ، «C_2H_5OH») هو سائلٌ حادُّ الرائحةِ يتواجَدُ في الأَشْرِبةِ الكُحوليَّة، فيما الإيثان (ك2هـ6، «C_2H_6») هو من الأَلْكاناتِ السَّائلة. والمُنظِّفُ البروپانُوليُّ (ك3هـ7أهـ، «C_3H_7OH») هو مائعٌ مُفيدٌ لِتَنْظيفِ المُسَجِّلاتِ الڤيديويَّة والأجهزةِ الدقيقةِ الأُخرى.

الخَلُّ يَحوي حامضَ الخَلِّ المُسَمَّى كيماويًّا حامضَ الإيثانويك (هـ3 ك أأهـ، «CH_3COOH»). والمَجْموعةُ الوَظيفيَّةُ في هذه الحال هي المَجْموعةُ الكَرْبوكسيليَّة (-ك أأهـ، «- $COOH$»). رائحةُ الزُّبْدِ الفاسِدِ والعَرَقِ (عرقِ الجسَد) سبَبُها حامضُ البيُوتانويك (ك3هـ7 ك أأ هـ، «C_3H_7COOH»).

المَجْموعاتُ الوَظيفيَّةُ المَعْروفةُ لا تَزيدُ على العِشْرين، لكِنَّها تنتجُ ملايينَ الجُزَيئاتِ العُضْويَّةِ المُختلِفةِ بإضافةِ تَوليفاتٍ أو جميعاتٍ كيماويَّةٍ مُختلِفةٍ في مواقعَ مُختلِفةٍ من جُزَيئاتِ الهِدْروكَرْبونات ذاتِ الأطوالِ والأَشْكالِ المُختلِفة.



جُزَيئاتُ د ن أ مُلَفَّفةٌ داخِلَ نَوى الخلايا. وهي مُشَكَّلةٌ على هيئةِ سُلَّمٍ مُلَوْلَبٍ تَحْمِلُ «الدَّرَجاتُ» في قَلْبِهِ شَفْرةً تتضمَّنُ تَعْليماتٍ لِكُلِّ خليَّةٍ حولَ كيفيَّةِ تَصْنيعِها للپروتينات. جُزَيءُ د ن أ المُنْحَلُّ التَّلَفُّفِ قد يَبْلُغُ المِتْرَ طولًا.

جُزَيئاتٌ عُضْويَّةٌ حياتيَّة

كيمياءُ الكائنات الحيَّة تُسَمَّى الكيمياءَ الحيَويَّة. نحنُ، في أطعِمتِنا، نأكُلُ جُزَيئاتٍ عُضْويَّةً مُعقَّدةً يجري تَفْكيكُها في عمليَّةِ الهَضْم. فالكربوهِدْراتاتُ، من المأكولاتِ النَّشَويَّة، تعطينا الغلوكوزَ؛ والپروتيناتُ، من اللُّحومِ والحُبوب، تُزَوِّدُنا بالأحماض الأمينيَّة. ويَقومُ الدَّمُ بِنَقْلِ هذه الجُزَيئاتِ الصغيرة إلى الخلايا في أجسامنا. الغلوكوز يَتفكَّكُ تاليًا إلى ماء وثاني أُكسيد الكربون، ويُطلِقُ طاقةً نَسْتَخْدِمُها في تَنَقُّلاتِنا وأنشِطَتِنا وفي تَزْويدِ التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ الأُخرى بالطاقة. الأحماضُ الأمينيَّةُ تَترابَطُ معًا لِتكوينِ الپروتينات في أنسِجَةِ العَضَلاتِ والجِلْدِ وبِنَى الجِسْمِ الأُخرى. وبعضُ الپروتينات هي أنْزيماتٌ تُساعِدُ في إحداثِ هذه التفاعُلاتِ المُعقَّدةِ كُلِّها. والپروتيناتُ أساسيَّةٌ في بناءِ وحِفظِ وتجديدِ وعَمَلِ الخلايا في أجسامنا. والتفاعُلاتُ التي تَقومُ بتَخْليقِ هذه الپروتينات في أَجْسامنا يَحْكُمُها د ن أ (الحامضُ النوويُّ الرِّيبيُّ المَنقوصُ الأُكسِجين) المُلَفَّفُ داخِلَ خليَّة، والذي نَرِثُ بِنْيَتَه من والدينا.



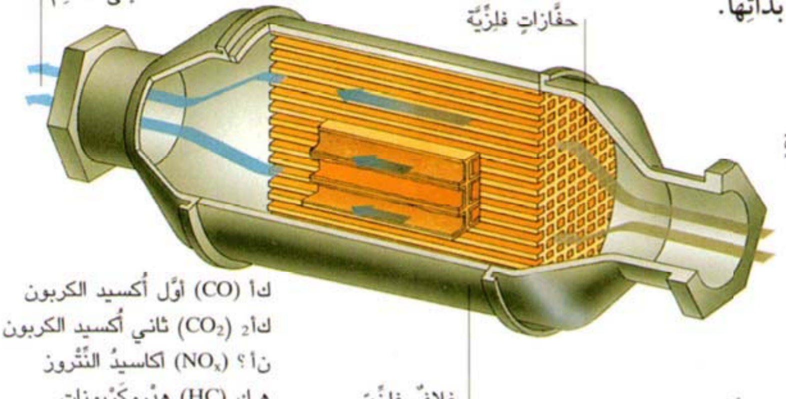
اليَحْمورُ (الهيموغلوبين) يحمِلُ الأُكسجينَ في كُرَيَّاتِ الدَّمِ الحمراء. وهو جُزَيءٌ پروتينيٌّ يتألَّفُ من أربعِ سَلاسِلَ تَضُمُّ الواحدةُ منها 145 حامضًا أمينيًّا مُلْتَفَّةً حولَ ذرَّةِ حديد. الكيميائيُّ الحيَويُّ البريطانيُّ النِّمْساويُّ المَولِد، ماكْس ف. پروتْز (1914 -)، اكتشفَ بِنْيةَ اليَحْمور، عام 1959، بعدَ عُقودٍ طويلةٍ من البَحْث. وأهَّلَه هذا الإنجاز إلى نَيْلِ جائزةِ نُوبِل للكيمياء عام 1962 بالمشاركة مع الفيزيائيِّ البريطانيِّ السِّير جون كيندرو.

أُنْظُر أيضًا

الهَضْم ص 128 – 129
الجيناتُ والكروموسُومات ص 135
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
التَّرابطُ والتَّكافُؤ ص 166 – 167
النِّفْطُ والتكرير ص 210 – 211

الحفَّازات

الحفَّازاتُ موادُّ تُسَرِّعُ التَّفاعلاتِ الكيماويَّةَ دُونَ أنْ تُستَهْلَكَ هي بذاتِها. وتُسْتَخْدَمُ الحفَّازاتُ في كثيرٍ من العمليَّاتِ الصِّناعيَّة.

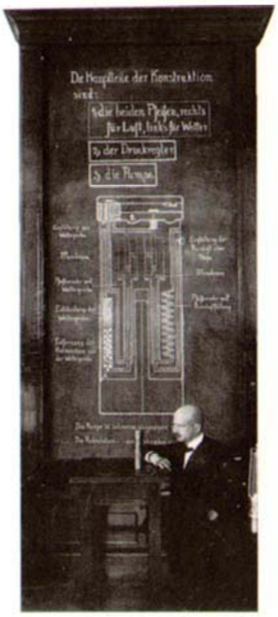


مُلَوِّثاتُ عوادم المَرْكَبات تَشْمَلُ هِدْروكَرْبوناتٍ غيرَ مُحْتَرِقةٍ وأكاسيدَ نِتْروجينيَّة وأوَّلَ أُكسيدِ الكَرْبون. الحفَّازُ البلاتينيُّ يُحَوِّلُها إلى ك أ₂ (CO_2) وَهـ₂أ (H_2O) وَ ن₂ (N_2)، وهي غَيْرُ مُؤْذِية.

تتفاعَلُ الجُزَيئاتُ فقَط عندما تَتصادَمُ بقُوَّةٍ كافية. بعضُ التفاعُلاتِ بَطيءٌ لأنَّ قِلَّةً قليلةً من الجُسَيْماتِ فيها تَتصادَمُ بقُوَّةٍ كافِيَةٍ لجَعْلِها تتفاعَل. الحفَّازُ يَقومُ بتَفكيك خُطوةٍ عَسيرةٍ من التفاعُلِ إلى خُطوتَيْن أو أكثَرَ أسهَلَ وأيْسَر.

في الخُطْوةِ الأُولى، يتَّحِدُ الحفَّازُ مع أحدِ الجُزَيئاتِ المُتَفاعلة فيُنتِجُ مادَّةً وَسيطةً تتفاعَلُ في خُطوةٍ ثانية مع جُزَيءٍ متفاعلٍ آخَرَ لِتكوِّنَ المُنتَجَ والحفَّاز. في هذه الخُطْوةِ يتحرَّرُ الحفَّازُ من المادَّةِ الوَسيطة ويَغْدو طليقًا جاهِزًا لتفاعُلٍ جديد. في التفاعُلِ الجيِّدِ التَّحفيز، تَتطَلَّبُ كلا هاتَيْن الخُطْوتينِ طاقةً أقَلَّ بكثيرٍ من التفاعُلِ المباشَرِ غيرِ المُحَفَّز.

كثيرٌ من الحفَّازاتِ هي عناصِرُ انْتِقاليَّةٌ (في الجدول الدوريّ) كالحديد والبلاتين. فهذه الفلِزَّاتُ تُكَوِّنُ روابطَ مع الذرَّاتِ والجُزَيئاتِ والأيُوناتِ المتفاعِلَة وتُفَكِّكُها بيُسْرٍ وسُهولةٍ. كما إنَّ هذه الفلِزَّاتِ الجامدةَ هي أيضًا سَهْلَةُ الفَصْلِ عن السوائلِ والغازاتِ الناتجة بعدَ التفاعُل.



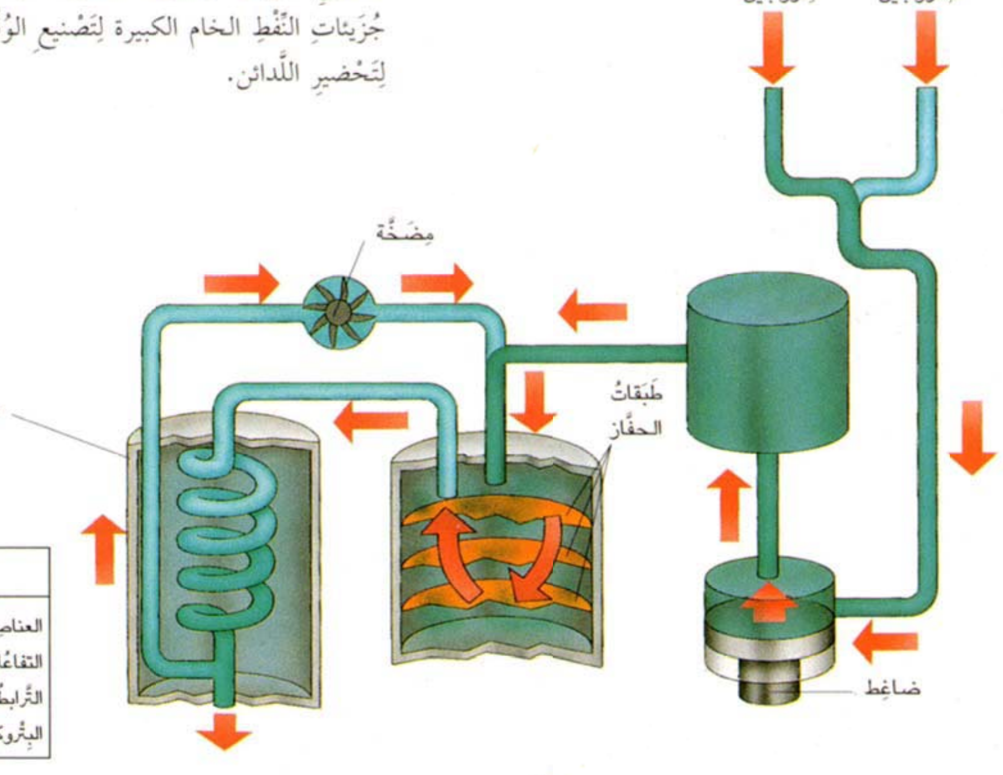
في العام 1908، اكتشفَ الكيميائيُّ الألمانيُّ فريتْز هابِر (1868 – 1934) أنَّ حفَّازًا من الحديد يُساعِدُ الهِدْروجين والنِّتْروجينَ على التفاعُلِ معًا. وناتِجُ التفاعُل، وهو الأمونيا، مادَّةٌ أوَّليَّةٌ مُهِمَّةٌ في صُنْعِ مدًى واسِعٍ من الكيماويَّات، تَشْمَلُ أسمِدَةَ النَّبات والأصْباغ والمُتفَجِّرات.

الحفَّازاتُ في مَجالات العَمَل

تُساعِدُ الحَفَّازاتُ في تَصْنيعِ مدًى واسِعٍ من المُنْتَجات. فالنيكل، مثلًا، يَحْفِزُ التفاعُلَ بين الهِدْروجين والزُّيوتِ النباتيَّةِ لإنتاجِ المَرْغَرين.

وصُنِعَ البوليثينُ لِلمَرَّةِ الأُولى قَبْلَ أكثرَ من 60 سنةً بتَعريضِ غازِ الإيثين إلى ضُغوطٍ عاليَةٍ خَطِرة. ثُمَّ، باستِخْدامِ حفَّازٍ من مزيجِ مُرَكَّباتِ التِّيتانيوم والألومنيُوم، صارَ التفاعُلُ يَجْري على ضَغْطٍ جَوِّيٍّ عِياريٍّ وَدَرجة 60°س.

البلاتينُ حفَّازٌ مُهِمٌّ للتفاعُلاتِ بين الغازات. فالأمونيا تتفاعَلُ مع الأُكسجين خِلالَ عُبورِهِما شَبَكَةً سلكيَّةً مُحماةً من البلاتين. والمُنْتَجُ، أكسيد النِّتْروجين، يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ حامضِ النِّتْريك. وتُساعِدُ الحَفَّازاتُ أيضًا في تكسيرِ جُزَيئاتِ النِّفْطِ الخام الكبيرة لِتَصْنيعِ الوُقُدِ والمَوادِّ الأوَّليَّةِ لِتَحْضيرِ اللَّدائن.



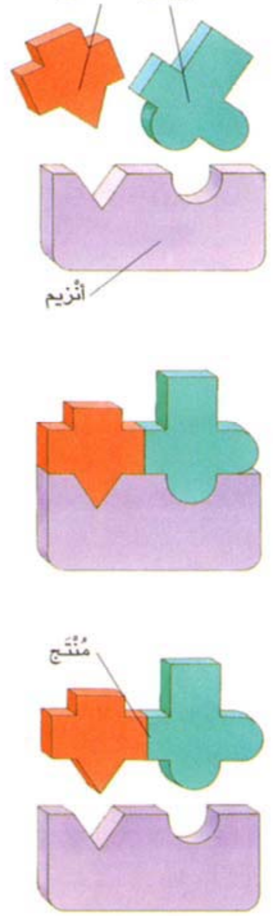
◄ في طريقةِ هابِر لِصُنْعِ الأمونيا، يَكْبِسُ الضاغِطُ مَزيجًا من غازَيِ الهِدْروجين والنِّتْروجين إلى ما يُعادلُ 250 ضغطًا جوِّيًّا عياريًّا – فيَتحَوَّلُ حوالى 20 بالمئة من المَزيج إلى أمونيا أثناءَ مُرورِه عَبْرَ حفَّازٍ حديديٍّ على درجة 450°س. ثُمَّ يَمُرُّ المَزيجُ عَبْرَ مُبَرِّدٍ يُسَيِّلُ الأمونيا. ويُعادُ الهِدْروجين والنِّتْروجين، غير المُتحَوِّلَيْن، إلى الحفَّازِ ثانيةً لِمَزيدٍ من التفاعُل.

أُنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
التَّرابطُ والتَّكافؤ ص 166 – 167
البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191

الأَنْزيمات (الخَمائرُ الكيماويَّة)

داخِلَ كُلِّ خليَّةٍ حيَّةٍ هنالكَ حَفَّازاتٌ بَيُولوجيَّةٌ، تُسَمَّى أَنْزيمات، تُمَكِّنُ من إحداثِ التفاعُلاتِ الكيميائيَّةِ الحيَويَّةِ الضَروريَّةِ للحياة.



▲ في النموذجِ التمثيليِّ أعلاه يَنْزَلِقُ الجُزَيئانِ المُتفاعلانِ في جُزْءٍ من جُزَيءِ الأنْزيم يُسَمَّى المَوقِعَ النَّشِط. وعندَ انتِهاءِ التفاعُل، يَنْفَصِلُ المُنْتَجُ عن ذلك المَوقِع.

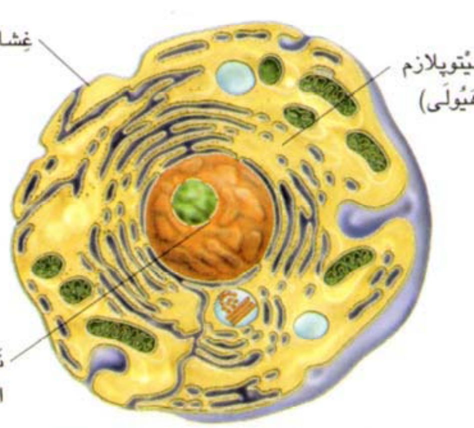
الأَنْزيماتُ هي جُزَيئاتٌ بروتينيَّةٌ مُلَفَّفةٌ تَحْفِزُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةَ الحيَويَّة. وبالإمكان حُدوثُ هذه التفاعُلات، بتَواجُدِ الأَنْزيمات، بلايينَ المرَّات أسرعَ منه في غيابِها. معظمُ الأَنْزيماتِ يَحْفِزُ الواحِدُ منها تفاعُلًا مُعيَّنًا واحدًا فقط. فالبِبْسين (الهَضْمين)، مثلًا، وهو أَنْزيمٌ في العُصارات المَعِديَّة، يَبْدأُ هَضْمَ البروتينات - فيُحَلِّلُها إلى قِطَعٍ أصغرَ. لكنَّه لا يُحَلِّلُ النَّشا في الأطعمة؛ فتِلكَ هي مُهِمَّةُ أَنْزيماتٍ أُخرى تُسَمَّى النَّشْوازات (الأميلازات).

تعمَلُ الأَنْزيماتُ على النَّحْوِ الأفضلِ في مدًى ضيِّقٍ مَحْدودٍ من درجات الحرارة. فهي تعمَلُ ببُطْءٍ تحت درجة 30°س، وتَتَفكَّكُ وتَنْحَلُّ فوقَ درجة 40°س. ونَذْكُرُ أنَّ كثيرًا من الأمراضِ المَوروثةِ سبَبُها وُجودُ أَنْزيماتٍ مَعيبةٍ أو مُخْتَلَّة.

الأَنْزيماتُ وطرائقُ عملِها

الجُزْءُ من جُزَيءِ الأَنْزيم الذي يَحْفِزُ التفاعُلاتِ يُسَمَّى المَوقِعَ النَّشِط. فعندما تَتلاقَى الجُزَيئاتُ المُتفاعِلَةُ في هذا المَوقِعِ تكونُ قد اتَّخذَتِ الوَضْعَ الصَّحيحَ لِحُدوثِ التفاعُل. المَوقِعُ النَّشِطُ في كثيرٍ من الأَنْزيمات يَحْوي ذرَّةً فِلِزِّيَّةً - فيما تَحوي أَنْزيماتٌ أُخرى جُزَيئًا صَغيرًا يُسَمَّى تَميمَ الأَنْزيم؛ وهو عادةً من أحَدِ الڤيتامينات. وتَحوي الوَجباتُ المُتوازنةُ عادةً نَزْرًا من الذرَّاتِ الفِلِزِّيَّةِ والڤيتامينات. وانعِدامُ هذا النَّزْرِ من الڤيتامينات والفِلِزَّات يُمكِنُ أنْ يَشُلَّ عمَلَ الأَنْزيمات؛ وقد يُؤدِّي إلى أمراضٍ كالحَفَرِ (الإسقَرْبوط).

وتُصَنَّعُ حاليًّا أَنْزيماتٌ يُمكِنُ استِخْدامُها خارجَ الخلايا الحيَّة. فمَساحيقُ الغسيلِ البيُولوجيَّةُ تَحوي أَنْزيماتٍ مُسْتَخْلَصةً من النَّباتات يُمكِنُها تحليلُ الشُّحوم. والأَنْزيماتُ التي تُحْدِثُ تغَيُّراتٍ لونيَّةً يُمكِنُ استِخْدامُها في الكَشْفِ عن تواجُدِ كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من الموادّ. ويُستَخْدَمُ أحَدُ هذه الأَنْزيماتِ في جُعَبِ اختِباراتِ التَّحَقُّقِ من الحَمْل.



تَحوي الخليَّةُ الحيوانيَّةُ النموذَجيَّةُ قُرابةَ 100 000 أَنْزيم مُختلِفٍ تَحْفِزُ حوالى 1500 تفاعُلٍ كيماويّ مُخْتلِفٍ ضروريٍّ للحياة.



▲ التمارينُ والتدريباتُ الرياضيَّةُ تَستَخْدِمُ طاقةً لِتَشْغيلِ العَضَلات. أيسُومِراز فوسفات الترايوز هو أحدُ الأَنْزيماتِ المُحَفِّزةِ لإطلاقِ الطاقةِ من الغلوكوز في الدَّم.



► عَنْكَبٌ يَحْقِنُ فريسَتَهُ بأَنْزيماتٍ هاضِمة. وهو، بعدَ بِضْعِ ساعاتٍ، سيَمْتَصُّ دَواخِلَ الحَشَرةِ المُنْهَضِمة.

أُنْظُر أيضًا

العَناكِبُ والحُرُش (كثيرات الأَرْجُل) والعقارب ص 74
تركيبُ الجِسْمِ ومَنْظوماتُه ص 98 – 99
العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 – 107

الأَكْسَدةُ والِاختِزال (الأَخْسَدة)

تَنْطوي تفاعُلاتُ الأَكْسَدةِ والِاختِزال على كَسْبِ الأُكسجين أو فَقْدِه، أو على انتِقالِ الإلكترونات بين الموادِّ في تفاعُلٍ كيماويّ.



الأُكسِجينُ عُنْصُرٌ شائعٌ فَعّال يتَّحِدُ مع مُعظمِ العناصِرِ الأُخرى. فإحماءُ النُّحاسِ في الهواءِ، مثلًا، يُكَوِّنُ طَبَقةً سَطحيَّةً من أُكسيد النُّحاسِ الأَسْود. وغاز الهِدْروجين يَحْتَرِقُ في الهواء مُكَوِّنًا الماءَ؛ ومُنْتَجا التفاعُل في الحالَيْن هما أُكسيدان. الكيميائيُّون يُصَنِّفون هذا النَّمَط من التفاعُلات كتفاعُلاتِ أَكْسَدَة.

تفاعُلاتُ الأَخْسَدَة (الأَكْسَدَة والِاختِزال)

عندما يُمَرَّرُ غازُ الهِدْروجين فوق أُكسيد النُّحاسِ السَّاخِن، فإنَّ الهِدْروجين ينْزِعُ الأُكسجينَ من أُكسيد النُحاس مُكَوِّنًا ماءً وفِلِزَّ النُّحاس. وتُبَيِّنُ المُعادلَةُ الكيماويَّةُ التاليةُ هذا التفاعُل بين الهِدْروجين وأُكسيد النُّحاس:

نح أ + هـ2 ← نح + هـ2أ

$$H_2O + Cu \leftarrow H_2 + CuO$$

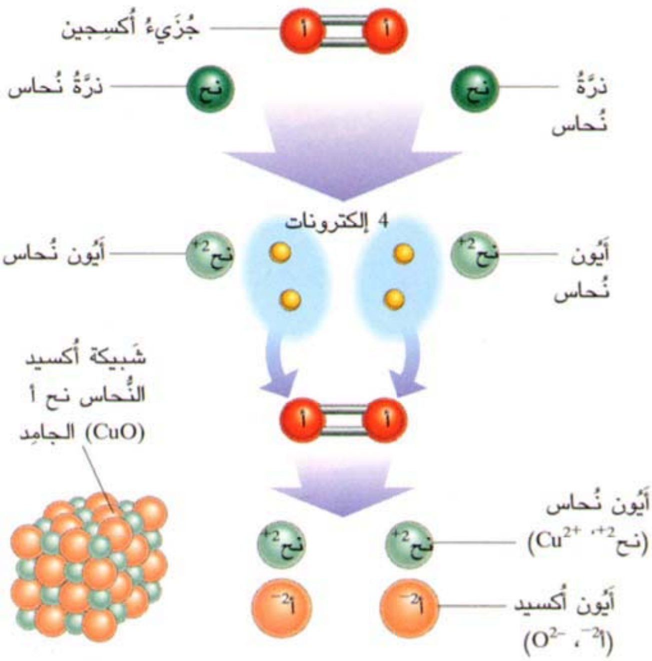
الهِدْروجين يتَّحِدُ مع الأُكسجين من أُكسيد النُّحاسَ ويُكَوِّن ماءً؛ وهكذا فإنَّ الهِدْروجينَ يتأكْسَدُ في هذا التفاعُل. وفي الوقتِ نَفْسِه، يُختَزَلُ أُكسيدُ النُّحاس إلى فِلِزِّ النُّحاس بإزالةِ الأُكسِجين منه.

التفاعُلاتُ من هذا النَّمط تُسَمَّى تفاعُلاتِ أَخْسَدَة لأنَّها تَضُمُّ تفاعُلاتِ أكسَدةٍ واختِزال معًا. فالمادَّةُ التي تُسَبِّبُ الأَكسَدَةَ – في هذه الحال أُكسيدُ النُّحاس – تُسَمَّى المُؤَكسِد. والمادَّةُ التي تُسَبِّبُ الِاختِزالَ، وهي الهِدْروجين في هذا التفاعُل، تُسَمَّى المُخْتَزِل.

▲ الدَّفْعُ الهائلُ لِلمُحَرِّكاتِ الرئيسيَّةِ في مَكُوكٍ فضائيٍّ مَصْدَرُه انْبِجاسٌ نافوريٌّ هادِرٌ من بُخارِ الماء. هذا البُخارُ يَتَكَوَّن في تفاعُلِ أَخْسَدةٍ بين الهِدْروجين والأُكسِجين.



◄ يَجْري لِحامُ قَضِيبَي سِكَّة الحديد هٰذين بالطريقة الثِّرميتيَّة. في هذه الطريقة، يُشْعَلُ مَزيجٌ من الألومنيُوم وأُكسيد الحديد لِبَدْءِ تفاعُل الأَخْسَدة بين المادَّتَيْن. والحرارةُ الناتِجَةُ من التفاعُل كافِيَةٌ لِصَهْرِ سَطْحَي القَضيبَيْن اللذين يَلْتَحِمان عندما يَبْرُدان.



في التفاعُل بين النُّحاس والأُكسجين، يَفْقِدُ النُّحاسُ إلكتروناتٍ فيتأكسَدُ؛ ويكسِبُ الأُكسجينُ إلكتروناتٍ فيُختَزَل. أُكسيدُ النُّحاس هو شَبيكةٌ من أيُونات النُّحاس والأُكسيد.

انْتِقالُ الإلكترونات

يَصِفُ الكيميائيُّون تفاعُلاتِ الأَخْسَدة على أنَّها انْتِقالُ الإلكترونات بين الموادّ. فالتفاعُلُ بين النُّحاس والأُكسجين يُكَوِّنُ أُكسيدَ النُّحاس (نح أ، CuO) الذي يضُمُّ أيُوناتِ النُّحاس (نح+2، Cu^{2+}) وأيُونات الأُكسيد (أ-2، O^{2-}). في هذا التفاعُل، كُلُّ ذرَّةِ نُحاس تفقِدُ إلكترونَيْن عند تحَوُّلِها إلى أيُون نُحاس. هذان الإلكترونان تتَقَبَّلُهما جُزَيئاتُ الأُكسجين، التي تُكَوِّنُ كُلٌّ منها أيُونَي أكسيد. وهكذا يُمكِنُ القَولُ، بوَجهٍ عامّ، إنَّ الأَكسَدةَ هي إزالةُ الإلكترونات من مادَّة، والِاخْتِزالُ هو إضافةُ الإلكترونات إلى مادَّة.

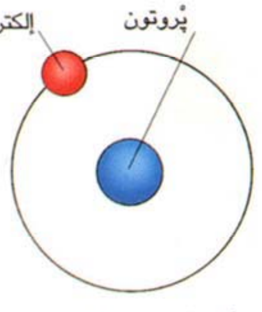
عندما تُوصَفُ تفاعُلاتُ الأَخْسَدة بأنَّها انْتِقالُ إلكترونات، يُمكِنُ حينئذٍ تَصْنيفُ تفاعُلاتٍ كثيرةٍ، لا تتَضَمَّنُ الأُكسجين، كتفاعُلاتِ أكْسَدةٍ واختِزال. مثلًا، التفاعُل بين فِلِزِّ الصوديُوم وغاز الكلُور هو تفاعُلُ أَخْسَدة. فكُلُّ ذرَّةِ صوديوم (ص، Na) تفقِدُ إلكترونًا واحدًا لِتُكوِّنَ أيُونَ صوديوم (ص+، Na^{+}). وفي الوقتِ نفسِه، كُلُّ جُزَيءِ كلُور (كل2، Cl_2) يكسِبُ إلكترونَيْن لِيُكوِّنَ أيُونَي كلُوريد. وتكونُ النتيجةُ هي المُرَكَّبَ الأيُونيَّ – كلوريد الصوديوم (ص كل، NaCl). في هذا التفاعُل، الكلُور هو المُؤكْسِد والصوديُوم هو المُختَزِل.

أُنْظُر أيضًا

الذرّات ص 150 – 151
التَّفاعُلاتُ الكيماويَّةُ ص 162 – 163
الصواريخُ والمَكُّوكُ الفَضائيّ ص 420 – 421

الهِدْروجين

الهِدْروجينُ هو العُنْصُر الأبسَطُ والأقَلُّ كتلةً بين جميع العناصر. وهو العُنْصرُ الأكثرُ تواجُدًا في الكَوْن، وله استِخْداماتٌ صِناعيَّةٌ مُهِمَّة.



نَواةُ الهِدْروجين العاديِّ هي پْروتون.

الهِدْروجينُ غازٌ عديمُ اللَّون والرَّائحة؛ وهو العُنْصرُ الأَخفُّ بين عناصِر الجَدْولِ الدَّوريّ. يتألَّفُ غازُ الهِدْروجين من جُزَيئاتٍ ثُنائيَّةِ الذرَّة (هـ٢، H_2). في جُزَيءِ الهِدْروجين تُسهِمُ كُلُّ ذرَّةٍ بإلكترونٍ واحدٍ في الرابطةِ الإسْهاميَّة التي تَشُدُّ ذرَّتَي الجُزَيءِ معًا.

الهِدْروجينُ لَهُوبٌ جِدًّا يَحْترِقُ مُتَّحدًا بالأُكسجين لِيُكوِّنَ الماء. يتواجَدُ الهِدْروجين في العَديد من المُرَكَّبات - بما فيها الحوامِضُ والهِدْروكْسيداتُ والهِدْروكَرْبونات.

النَّظائر

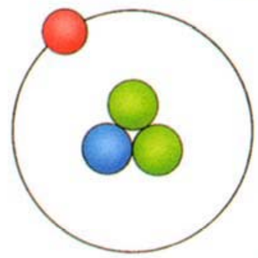
النَّظائرُ ذرَّاتٌ من العُنْصرِ نَفْسِه، لكِنْ ذاتُ أعدادٍ مبايِنةٍ من النيوتْرونات في نَواها. ذرَّاتُ الهِدْروجين كُلُّها تقريبًا تتألَّفُ من إلِكترونٍ واحدٍ يَدورُ في مَدارٍ حوْلَ پْروتونٍ واحد. في كُلِّ مليونٍ من ذرَّاتِ الهِدْروجين هنالك 150 ذرَّةً تَحوي نَواها نيوتْرونًا إضافةً إلى الپْروتون. نَظيرُ الهِدْروجين هذا يُسَمَّى الدُّوتِريوم (د، D) أو الهِدْروجين الثقيل.

الخَصائصُ الكيماويَّةُ للنَّظائرِ لا تختَلِفُ عنها للعَناصِرِ العادِيَّةِ لأنَّها تَحوي العددَ نفسَه من الإلكترونات. فالدُّوتريُوم يترابَطُ مع الأُكسجين لِيُكوِّنَ الماءَ الثقيل (د٢أ، D_2O) - السائلَ الذي يُستَخْدَمُ في المُفاعِلاتِ النَّوويَّة وفي الإختِباراتِ الكيماويَّة.

وهناكَ نَظيرٌ ثالِثٌ للهِدْروجين يُسَمَّى التريشْيُوم (ت، T)؛ وهو نَظيرٌ مُشِعٌّ يُصْنَعُ في المُفاعِلاتِ النَّوويَّة.



نَواةُ الدُّوتِرْيُوم تَحوي نيوتْرونًا واحدًا وپْروتونًا واحدًا.



نَواةُ التريشْيُوم تَحوي نيوتْرونَيْن وپْروتونًا واحدًا.

▲ نَظائرُ الهِدْروجين الثلاثةُ تَحوي پْروتونًا واحدًا وإلكترونًا واحدًا. إضافةً إلى ذلك تَحوي نَوى الدُّوتِرْيُوم (د، D) نيوتْرونًا إضافيًّا، ونَوى التريشْيُوم (ت، T) نيوتْرونَيْن إضافيَّيْن.



الاستِخْدامُ الرئيسيُّ للهِدْروجين هو في تَصْنيعِ مَدًى واسِعٍ من الكيماويَّات. كما يُسْتَخْدَمُ أيضًا كداسِرٍ للصواريخِ الفَضائيَّةِ وكوَقُودٍ للتَّلْحيم.

استِخْداماتُ الهِدْروجين

في طريقةِ هابِر، يتفاعَلُ الهِدْروجينُ مع النِّتْروجين لِصُنْعِ الأمونيا (ن هـ٣، NH_3) التي تُسْتَخْدَمُ بدَورِها في تَصْنيعِ الأَسْمِدةِ والمُتَفَجِّراتِ والأَصباغِ واللَّدائن. ويُسْتَخْدَمُ الهِدْروجينُ أيضًا في تَحويلِ الزُّيوتِ النباتيَّة إلى مَرْغرين.

الهِدْروجينُ وَقودٌ جيِّدٌ للصَّواريخ وللتَّلْحيم. فهو يَحْترِقُ في الهواءِ مُوَلِّدًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الطاقة والماءَ النَّقيَّ الذي لا يُسبِّبُ تلَوُّثًا. حاليًّا، يَجْري اختِبارُ الهِدْروجين كوَقُودٍ بَديلٍ للسيَّارات.

المُشْكلةُ في استِخْدام الهِدْروجين كوَقُود هي صُعوبةُ اختِزانِه. فهو يَشْغَلُ حَيِّزًا بالِغَ الكِبَر يَحُدُّ كثيرًا من جَدْوى استِخْدامه؛ والهِدْروجينُ السَّائلُ يَتطلَّبُ الحِفْظَ في حاوياتٍ جيِّدة العَزْل على درجاتِ حرارةٍ دونَ - 253°س.

هذه السيَّارةُ الإختِباريَّةُ تَحْرِقُ وَقودَ الهِدْروجين في مُحَرِّكٍ عاديٍّ ذي مِكْبَسٍ في مَبْيَتٍ أُسْطُوانيّ. غازاتُ العادم من هذه السيَّارة لا تُسبِّبُ تلَوُّثًا لأنَّها تَحوي بُخارَ ماءٍ فقط.



أنْظُر أيضًا

العناصِرُ الكيماويَّة ص 148 – 149
الذرَّات ص 150 – 151
المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 – 165

الغـازاتُ النَّبيلَة

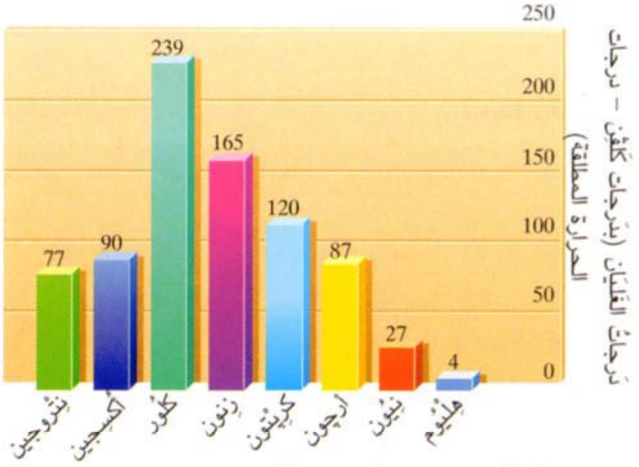
الغـازاتُ النَّبيلَةُ (النّادرةُ أو الخامِلَة) هي العَناصِرُ التي تُشَكِّلُ المَجْموعة 18 من الجَدْولِ الدَّوْريّ. وكُلُّها مُكْتَمِلةُ الغلاف القِشْريّ الإلكترونيّ الخارجيّ - مِمّا يجعَلُها خامِلةً عديمةَ التفاعُليَّة الكيماويَّة.



عُمّالُ اللِّحام يَسْتَخْدِمون تيّاراتٍ كهربائيَّةً لِصَهر الفلِزّات. يُسْتَخْدَمُ غازُ الأَرچون غالبًا للإحاطةِ بالقَوْس الكهربائيّ (وسيلةِ الإحماء بالشَّرر) وإبعادِ الهواءِ عن مِنْطَقةِ اللِّحام الحارَّة لِمَنْعِ أُكسجينِ الهواء من التفاعُلِ مع فلِزّ اللِّحام وإضعافِه.

تَصاعديًّا حسَب الكُتْلةِ الذرِّيَّة، الغازاتُ النَّبيلةُ هي الهِلْيوم، النِّيون، الأَرچون، الكرِپْتون، الزِّنون والرَّادون. وكُلُّها غازاتٌ عديمةُ اللَّونِ والرَّائحة، ولا تَحْترِق.

الهِلْيوم هو ثاني أَخفِّ العناصر، وثاني أكثرِها شُيوعًا في الكَوْن. وهو نادِرٌ على الأرض، لكِنْ تتواجَدُ كمِّيَّاتٌ ضئيلةٌ منه في الغازِ الطبيعيّ. النِّيون والأَرچون والكرِپْتون والزِّنون يُمكِنُ الحُصولُ عليها من الهواء بالتَّقْطير التجزيئيّ للهواءِ السَّائل. الرَّادون عُنْصرٌ مُشِعٌّ، يَنْتُجُ بالاضمِحلالِ الإشعاعيِّ لعناصِرَ كالرَّاديوم. ويُمكِنُ لهذا الغازِ السُّروبُ إلى المنازلِ المُشَادَةِ فوق صُخور الغرانيتِ المُشِعَّةِ طبيعيًّا. وهو، إذا استُنْشِقَ، يُمكِنُه إعطابُ خلايا الجِسْم والتسبُّبُ بتَنامي السَّرَطانات.



دَرَجاتُ غَلَيان الغازات النَّبيلة (بالكَلْفِن - بدَرَجات الحرارة المطلقة) بالمُقارنةِ مع غازاتٍ أُخرى. دَرَجاتُ الغَلَيان على مِقياس سِلْسيُوس أخفَضُ من مُقابِلاتِها الكَلْفِنيَّة بـ273°، مع العلم أنَّ درجاتِ الغَلَيان تَزْدادُ بازديادِ الكُتْلةِ الذرِّيَّة.

استِخْداماتُ الغازات النَّبيلة في المَناطيدِ والإنارة واللّيازر

يُسْتَخْدَمُ الهِلْيُوم في تَعْبئةِ المَناطيد (السُّفُنِ الهوائيَّة) وبالُونات الاحتِفالات. هذه المناطيدُ والبالوناتُ تَطْفو في الهواء لأنَّ الهِلْيُوم أَقَلُّ كثافةً من الهواء. كذلك، يُمْزَجُ الهِلْيوم مع الأُكسجين كمَزيجٍ تَنَفُّسٍ للغَوَّاصين في أعماقِ البِحار. ذلك لأنَّ النِّتروجينَ في مَزيجِ الهواء العاديّ يُصْبِحُ سامًّا إذا تُنِفِّسَ على ضَغْطٍ عالٍ.

تُسْتَخْدَمُ الغازاتُ النَّبيلةُ بِصُورةٍ رئيسيَّة في المَصابيح الكهربائيَّة. فالأَرچونُ والنِّيون يَبْتعثانِ نُورًا ساطِعًا مُلَوَّنًا عندما يَمُرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ الأنابيبِ أو المصابيح التي تَحتويهما على ضَغْطٍ خَفيض. ويُمكِنُ ثَنْيُ الأُنبوبِ على هيئةِ حُروف وأعدادٍ لأغراض الدِّعايةِ والإعلان. المَصابيحُ الصغيرةُ التي تحتوي الكرِپْتون أو الزِّنون تَبْتَعِثُ نُورًا أبيضَ مُزْرَقًّا حادَّ السُّطوع. وتَسْتَخْدِمُ مَصابيحُ الوَمْض المُبَيَّتَةُ في الكاميرات هذه الغازاتِ لِابتِعاثِ دَفَقاتٍ ضوئيَّةٍ شديدةِ السُّطوع.

ويُسْتَخْدَمُ الهِلْيوم والنِّيون والأرچون في اللّيازِر التي تَبْتَعِثُ حُزَمًا مُتَواصِلةً من أشِعَّةِ الضَّوءِ الأُحاديِّ الطُّولِ المَوجيّ. وتَقْتَصِرُ مُرَكَّباتُ الغازاتِ النَّبيلة التي تَمَّ تَصْنيعُها، حتّى الآن، على فلُوريداتِ الكرِپْتون والزِّنون والرَّادون؛ وهي ليسَتْ ذاتَ استِخْداماتٍ عمليَّة.



◄ ليزَرُ الغاز النبيل سْتّارْ فاير يُخَلِّقُ صورةً اصطِناعيَّةً لنَجْم في أعالي الجَوّ. ويَتبَيَّنُ مِقْرابٌ فَلَكيٌّ التغَيُّراتِ التي تُسَبِّبُها الأحوالُ الجَوِّيَّةُ في هذه الصورة. وهذا يُمَكِّنُ الحاسُوبَ من تَضْبيطِ الصُّوَرِ للنُّجوم الحقيقيَّةِ بإلغاءِ التشَوُّهاتِ النّاتِجَة عن الأَحْوالِ الجوِّيَّةِ تلك.

أُنْظُر أيضًا

الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر ص 152 - 153
الكَهْرباءُ عَبْرَ الغازات ص 358 - 359
التلِسْكوباتُ الفَلَكيَّة ص 416 - 417

الكِبْريت

الكِبْريتُ عُنْصُرٌ لافِلِزِّيٌ أصفَرُ جامِدٌ من المَجْموعة 16 في الجَدْول الدَّوريّ للعناصِر. واستِخْدامُه الأَهمُّ هو في تَصْنيع حامض الكِبْريتيك.



يتواجَدُ الكِبْريتُ الجامِدُ كجُزَيئاتٍ إكليليَّةِ الشَّكْل يَحوي الواحدُ منها ثماني ذرَّات في هيئة حَلْقة. هذه الحَلَقاتُ تتكَدَّسُ معًا في شَبيكة، وعندما يَنْصهِرُ الكِبْريت، تَتفكَّكُ الحَلَقاتُ وتَتفَلَّقُ إلى جُزَيئاتٍ أصغَر.

الكِبْريتُ عُنْصُرٌ أصفَرُ زاهٍ يَتواجَدُ طبيعيًّا في المناطق البُركانيَّةِ وعلى مَقْرُبةٍ من حُقولِ النِّفْط. يُمكِنُ لِلحَفَّازاتِ الميكانيكيَّةِ استِخْصالُ الكِبْريت من بعضِ التَرسُّباتِ السطحيَّة؛ لكِنَّ مَصادِرَهُ الرئيسيَّةَ هي قُراراتٌ جوفيَّةٌ (في باطِنِ الأرض) في بولَندا والمَكسيك والولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. يُعَدَّنُ الكِبْريتُ من القُراراتِ العَميقةِ بِضَخِّ الهواءِ والماءِ المَضْغوط على درجة 170°س عَبْرَ أُنبوبٍ في باطِنِ الأرض. فيَتصاعَدُ، عَبْرَ أُنبوبٍ آخَر، رُغاءٌ مُزبِدٌ من الكِبْريت والهواءِ والماءِ إلى السَّطْح. والكِبْريتُ أيضًا مُنْتَجٌ ثانويٌّ في عمليَّاتِ تكرير النِّفْط.

الكثيرُ من المَعادِن هي مُرَكَّباتٌ من فِلِزَّاتٍ مع الكِبْريت. مثلًا، الغالينا هي كبريتيدُ الرَّصاص (صاكب، PbS)، والجِبْسُ هو كبريتاتُ الكالسيُوم المُمَيَّأة (كاكب أ4. 2هـ2أ، $CaSO_4 . 2H_2O$).

الكِبْريتُ عُنْصرٌ ضَروريٌّ للكائناتِ الحيَّة. وهو يوجَدُ في بعضِ المأكولات، بِخاصَّةٍ البَيْض والخَرْدَلُ والثُّوم، وهو جُزْءٌ مُكَوِّنٌ لاِثنَيْن من الأَحماضِ الأمينيَّة التي تكَوِّنُ البروتينات.

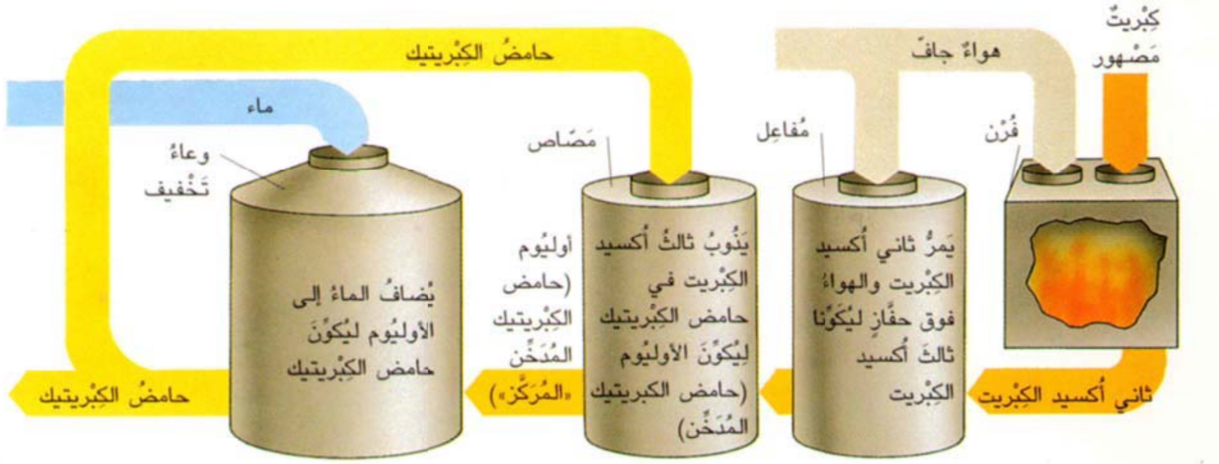
حامِضُ الكِبْريتيك

الاستِخْدامُ الأَهمُّ للكِبْريت هو في صِناعةِ حامضِ الكِبْريتيك (هـ2 كب أ4، H_2So_4). ويَعْتبِرُ الاقِتِصاديُّون أنَّ ثَراءَ البَلَدِ الصِّناعيِّ يَتَناسبُ طرديًّا مع كمِّيَّةِ حامضِ الكِبْريتيك التي يَسْتهلِكُها. فحامِضُ الكِبْريتيك يُسْتَخْدَمُ في تَصْنيع مدًى هائلٍ من الأَصناف والموادِّ - من الأَسْمدة والوُقُد إلى الدِّهانات واللَّدائنِ والمُنَظِّفاتِ والعَقاقير.

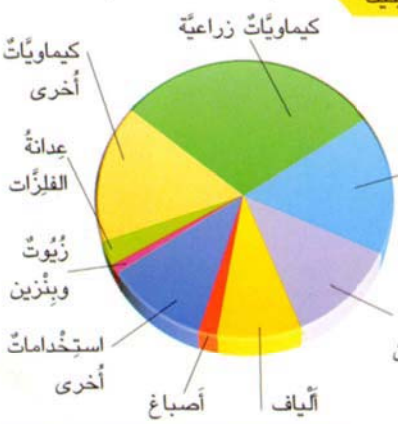
استِخْداماتٌ أُخرى

يُسْتَخْدَمُ الكِبْريتُ في فَلْكَنةِ المَطَّاط الطبيعيّ. الفَلْكَنةُ تُصَلِّدُ المَطَّاطَ الطبيعيّ وتُقَوِّيه لِيُمكِنَ استِخْدامُه في صُنْعِ إطارات السيَّارات والمَرْكَباتِ الأُخرى. المَطَّاطُ الطبيعيُّ لَيِّنٌ ومَطوطٌ لأنَّه يَحوي جُزَيئاتٍ طويلةً مُلَفَّفةً تَنزَلِقُ عبْرَ بعضِها بسُهولة. إحماءُ المَطَّاطِ مع سَحيقِ الكِبْريتِ يُشكِّلُ روابِطَ بين الجُزَيئات تُصَلِّدُ المَطَّاطَ وتَزيدُ من مِصمادِيَّتِه وشِدَّةِ تَحَمُّله.

يُسْتَخْدَمُ الكِبْريتُ أيضًا كأحدِ مُكَوِّناتِ البارود، وفي صُنْعِ عيدانِ الثِّقاب والأَسْهُم الناريَّة؛ كما يُسْتَخْدَمُ أيضًا عِلاجًا للأَمراض الفُطْريَّة.



► في طريقةِ التلامُس يُحَضَّر حامضُ الكِبْريتيك بإحراق الكِبْريت في الهواء لِصُنْع ثاني أُكسيد الكِبْريت (كب أ2، SO_2). الهواءُ يُؤَكْسِدُ هذا الغازَ إلى ثالثِ أُكسيد الكِبْريت (كب أ3، SO_3). وبإضافةِ ثالث أُكسيد الكِبْريت إلى حامض الكِبْريتيك يَنتُج الأوليوم، الذي يُخَفَّفُ بالماء ليُكوِّنَ حامضَ الكبريتيك (هـ2 كب أ4، H_2SO_4).



◄ تُنْتِجُ البُلْدانُ الصِّناعيَّةُ من حامضِ الكِبْريتيك أكثرَ ممّا تُنْتِجُه من أيِّ مادَّةٍ كيماويَّةٍ أُخرى. الصِّناعةُ الكيماويَّةُ للمَمْلكة المُتَّحدة تُنْتِجُ ما مَجْموعُه حوالى 15 000 طُنٍّ يوميًّا، يُستَهْلَكُ ثُلثُها تقريبًا في صُنْعِ الأَسمدة النباتيَّة.



في مِنْطقةِ بُركان كاوا إيجن، على جَزيرةِ جاوا يُبْتَعَثُ بُخارُ الكِبْريت عَبْرَ شُقوقٍ في الصُّخور. وتَتَنامى كُتَلٌ صَفْراءُ من الكِبْريت حول هذه الشُّقوق فَتُجْمَعُ لاستِخْدامِها كمُطهِّرٍ ومُبيدٍ للجراثيم والفُطور.

أُنْظُر أيضًا

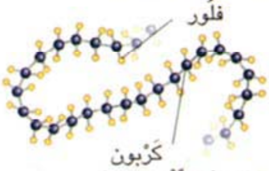
الطِّبّ ص 140 – 141
الجَدْوَلُ الدَّوريُّ للعَناصِر ص 152 – 153
إنتاجُ الأَغْذِيَة ص 230 – 231

الهالُوجينات

الهالُوجيناتُ هي العناصِرُ التي تُكَوِّنُ المَجْموعةَ 17 في الجَدْولِ الدَّوريّ. وهي لافلِزّاتٌ مُتَباينةُ التَّفاعليَّة الكيماويَّة تَضُمُّ الفلُور والكلُور والبرُوم واليُود والأستاتين.



مُنْحدَراتُ التَّزلُّج الجافَّة تُصْنَعُ من بَلاطٍ مُغَشًّى بمادَّةٍ لدائنيَّة زَلِقَةٍ هي البوليتِتْرا فلُوروإثيلين (ب ت ف إ، PTFE)، واسمُها التجاريّ هو التَّفْلون.



جُزَيئاتُ التَّفْلون لا تَحوي سِوى الكَرْبون والفلُور.

▲ يَتميَّزُ راتينَجُ التَّفْلون اللَّدائنيُّ بسَطْحٍ انْزِلاقيٍّ أشدَّ زلقيَّةً من الجَليد. وتَشْمَلُ استِخْداماتُه الكثيرةُ تَبْطِنَةَ أوعيةِ الطَّبْخ وتَغْشِيةَ مُنْحَدراتِ التَّزَلُّج.

لَفْظَةُ هالُوجِن من اليُونانيَّة بمَعْنى مُكَوِّن المِلْح؛ والهالُوجيناتُ خَمْسةُ عناصِرَ لافلِزِّيَّة تُكَوِّنُ المَجْموعةَ 17 من الجَدْولِ الدَّوْرِيِّ للعناصِر. وتتألَّفُ جُزَيئاتُها من ذرَّتَيْن مُتَرابطتَيْن برابطةٍ إسْهاميَّة مُفْردة. الفلُور (فل$_2$، F_2) غازٌ أصفَرُ باهِت؛ والكلُور (كل$_2$، CL_2) غازٌ أصفَرُ مُخْضَرّ؛ والبروم (بر$_2$، Br_2) سائلٌ أحمرُ داكِن؛ واليُود (ي$_2$، I_2) جامِدٌ أسودُ أُرجوانيّ. أمَّا الأَستاتين فجامِدٌ مُشِعٌّ غيرُ مُسْتَقِرّ لا يُوجَدُ في الطبيعةِ بل يُحَضَّر صُنْعيًّا في المُفاعِلاتِ النَّوَوِيَّة.

جميعُ الهالُوجينات سامَّةٌ تُخَرِّش الجِلْد؛ وتَتَناقَصُ تَفاعُلِيَّتُها حَسَبَ الترتيب التالي فل > كل > بر > ي. فالفلُور يَتفاعَلُ بِتَفَجُّرٍ مع موادَّ كثيرة، فيما اليودُ يتفاعَلُ ببُطْءٍ فَقَط - هذا إذا تفاعل. الهالُوجيناتُ تَتَّحِدُ مع الفلِزّات لِتُكَوِّنَ أملاحًا أيُونيَّة تُسَمَّى هالِيدات مثلَ كلوريد الصوديوم (ص كل، NaCl) أو مِلح الطَّعام. مُعْظَمُ الهاليداتِ ذَوَّابةٌ في الماء، والكثيرُ منها يتواجَدُ في ماءِ البَحْر. تُكَوِّنُ الهالوجيناتُ أيضًا مُرَكَّباتٍ مع بعضِ اللَّافلِزّات، كالكربون والكِبْريت. أمَّا هاليداتُ الهِدْروجين فهي حوامِض، كحامض الهَيْدروكلوريك (هـ كل، HCl).

استِخْلاصُ الهالوجينات واستِخْداماتُها

يُحَضَّرُ الفلُور بالكَهْرَلَةِ (التَّحليل بالكهرباء) لِمَزيجٍ سائلٍ من فلُوريد الهِدْروجين وفلُوريد البوتاسيُوم على دَرجة 100°س. يُسْتَخْدَمُ الفلُور في صُنْع مُرَكَّبات الكربون الفلُوريّ، كالمادَّةِ اللَّدائنيَّةِ المُسَمَّاة التَّفْلون، وفي تَنْقِيَةِ الوَقُود النَّوَويَّة. وتُساعِدُ كمِّيَّاتٌ ضئيلةٌ من فلوريد الصوديوم (ص فل، NaF)، في مياه الشُّرْب، في مَنْع تَسَوُّسِ الأسنان.

يُحَضَّرُ الكلُور بكَهْرَلَةِ مَحْلولٍ من كلوريد الصوديوم. يُسْتَخْدَمُ الكلُور في تطهيرِ مياهِ الشُّرْبِ والاِسْتِحْمام، وفي تَصْنيع اللَّدائن وموادِّ التقصير (التَّبْييض).

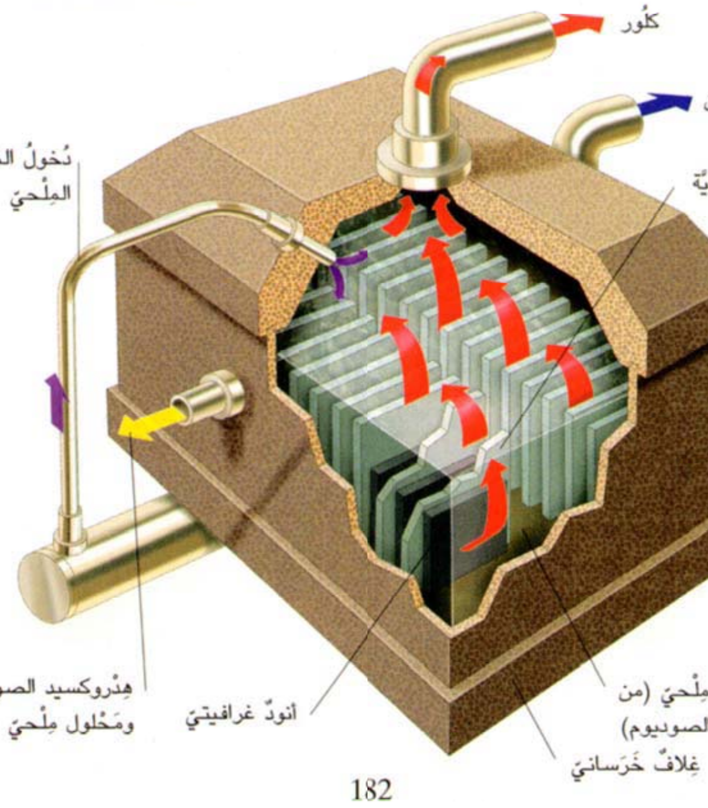
البروم يُحَضَّرُ بتَفاعُلِ الكلور مع بروميد المَغْنِسيُوم من ماءِ البَحْر. ويُحَضَّرُ اليُودُ بطريقةٍ مُماثِلَةٍ بتَفاعُلِ الكلُور مع الأَملاح اليُوديديَّة من الأَعْشاب البَحْريَّة. هذان الهالوجينان يُسْتَخْدَمانِ في صناعاتِ الأفلامِ الفُوتوغرافيَّة والعَقاقير الطِّبِّيَّة والمُطَهِّرات.



غازاتُ التبريد في بعض الثَّلَّاجات هي ضُروبٌ من مُرَكَّبات كربون الفلُور الكلورينيّ المَعروفة تجاريًّا بالفريونات. اِنْتِشارُ هذه المركَّبات الغازيَّة في أعالي الجَوِّ يُحْدِثُ ثُقوبًا في طبَقةِ الاوزون حولَ الأرض. لذا يَنْبغي إزالةُ هذه المُركَّبات قبْلَ التخَلُّص من الثلاّجاتِ القديمة كخُرْدَة.

الفلُور العدد الذرّيّ 9	9 فل، F 19,0
الكلُور العدد الذرّيّ 17	17 كل، Cl 35,5
البروم العدد الذرّيّ 35	35 بر، Br 79,9
اليُود العدد الذرّيّ 53	53 ي، I 126,9
الأَستاتين العدد الذرّيّ 85	85 ست، At 210,0

تَفْتَقِرُ ذرّاتُ الهالوجينات إلى إلكترونٍ واحدٍ لإكتِمال الإلكترونات في غلافاتِها الخارجيَّة. وهي تتفاعَلُ بسُهولةٍ لِتَتَقَبَّلَ الذرَّةُ منها إلكترونًا واحدًا من ذرّاتٍ أُخرى.



تُسْتَخْدَمُ خلايا هُوكَر لِتَحْضير الكلُور صِناعيًّا. يَسْري المَحْلولُ المِلْحيُّ عَبْرَ إلكتروداتٍ داخلَ غِلافٍ خَرَسانيّ؛ فتَتَكوَّنُ فَقاقيعُ الكلُور على أنوداتٍ غرافيتيَّةٍ وتَتصاعَدُ عَبْرَ المَحْلولِ المِلْحيّ. ويُغادِرُ الكلورُ الخليَّةَ عَبْرَ أنبوبٍ في أعلاها. يَتكوَّنُ غازُ الهِدْروجين على الكاثوداتِ الحديديَّة ويُغادِرُ الخليَّةَ عَبْرَ أنابيبَ جانبيَّة. ويَحوي المَحْلولُ المِلْحيُّ الذي يُغادِرُ الخليَّةَ مُركَّبًا كيماويًّا مُهمًّا هو هِدْروكسيد الصوديُوم.

أُنْظُر أيضًا

الذرّات ص 150 – 151
الجَدْولُ الدَّوْريُّ للعناصِر ص 152 – 153
تلَوُّثُ الهواء ص 453
تغَيُّرُ المُناخ ص 460

الفلِزّات

تُسْتَخرجُ مُعْظَمُ الفلِزّات من خاماتٍ تُعَدَّنُ من قِشْرةِ الأرض. وتعتمِدُ عمليَّةُ الاستِخْلاص على التفاعُليَّةِ الكيماويَّة للفلِزِّ المُعَيَّن.

سِلْسِلةُ التَّفاعُليَّة للفلِزّات

البوتاسيُوم بو، K
سِلْڤايْت، بوكل «KCl»

الصوديوم ص، Na
المِلْح الصَّخْريّ، ص كل «NaCl»

الكالسيُوم كا، Ca
الحَجَرُ الجيريّ، كاك أ3 «$CaCo_3$»

المَغْنِسيُوم مغ، Mg
الدُّولومَيْت، مغ ك أ3. كا ك أ3 «$Mg\ Co_3.\ CaCo_3$»

الألومنيُوم لم، Al
البوكسَيْت، لم2أ3 «Al_2O_3»

الكَرْبون ك، C

الخارصين (الزِّنْك) خ، Zn
كبريتيد الزِّنْك، خ كب «ZnS»

الحديد ح، Fe
الهيماتَيْت، ح2أ3 «$Fe_2\ O_3$»

القصْدير ق، Sn
حَجَرُ القَصْدير، ق أ2 «SnO_2»

الرَّصاص صا، Pb
غالينا، صاكب «PbS»

النُّحاس نح، Cu
پَيْريتات النُّحاس، نح ح كب2 «$CuFeS_2$»

الزِّئبق بق، Hg
الزِّنْجَفْر، بق كب «HgS»

الفِضّة ف، Ag
فلِزٌّ حُرّ

الذَّهَب ذ، Au
فلِزٌّ حُرّ

البلاتين بت، Pt
فلِزٌّ حُرّ

سِلْسِلةُ تَفاعُليَّة الفلِزّات. يَشْغَلُ الكَرْبون، وهو لا فلِزّ، المَوقعَ بين الألومنيُوم والخارصين (الزِّنْك) – إشارةً إلى أنَّه أكثَرُ تفاعُليَّةً من الفلِزّات تحتَهُ وأقَلُّ تفاعُليَّةً من الفلِزّاتِ فوقَه.

تُشَكِّلُ الفلِزّاتُ حوالى 80 بالمئة من مَجْموع العناصِر؛ وهي تَشْغَلُ يَمينَ الجَدْولِ الدَّوريّ ووَسَطه. وكُلُّها جوامِدُ بَرّاقةٌ على دَرجةِ حرارة الغُرفة، عدا الزِّئبق الذي هو سائل. والفلِزّاتُ طَروقةٌ ومَطيلةٌ، يَعْني أنَّها قابِلَةٌ للتَّطْريقِ والسَّحْب (المَطّ) إلى أشكالٍ مُختلِفة. وهي أيضًا مُوَصِّلاتٌ جَيِّدةٌ للحَرارةِ والكهرباء لأنَّ إلِكتروناتِها الخارجيَّةَ تَسْتطيعُ الانْتِقالَ من ذرَّةٍ إلى أُخرى تَليها.

تَفاعُليَّةُ الفلِزّات

الذَّهبُ والبِلاتينُ مَثَلان على الفلِزّاتِ التي قَلَّما تَتفاعَلُ مع عناصِرَ أُخرى لِتُكوِّنَ مُرَكَّباتٍ. البُوتاسيُوم والصُّوديُوم فلِزّان شديدا التفاعُليَّة – حتَّى إنَّهما يَتفاعلانِ بعُنْفٍ مع موادَّ لاتفاعُليَّةٍ نِسْبيًّا، كالماء. وتَقَعُ تفاعُليّاتُ مُعظم الفلِزّات بينَ هذَيْن الحَدَّيْن الأقصَيَيْن. فالحَديدُ، مثلًا، يَصْدَأُ ببُطءٍ في الهواءِ الرَّطْب – فيما لا يتأثَّرُ النُّحاسُ تَقريبًا في الظروفِ نَفْسِها.

سِلْسِلةُ التفاعُليَّة تُدْرِجُ الفلِزّاتِ الشائعةَ حَسَب شِدَّةِ تَفاعُليَّتِها. فالفلِزّاتُ الأشَدُّ تفاعُليَّةً تَرِدُ عادةً في أعلى السِّلْسِلة. ويَرِدُ اللّافلِزّان الكربونُ والهِدْروجين في السِّلسلةِ غالبًا كمَرجعٍ مُقارنَة لِهٰذه التفاعُليّات.

استِخْلاصُ الفلِزّات من خاماتِها

تتواجَدُ مُعْظَمُ الفلِزّاتِ كَمُرَكَّباتٍ في قِشْرةِ الأرض – باستِثْناء الفلِزّاتِ الأقلِّ تفاعُليَّةً، كالذَّهَبِ والپلاتين، التي تَتواجَدُ عادةً كعناصِرَ نَقيَّة. الصُّخورُ التي تَحوي مُرَكَّباتٍ فلِزِّيَّةً تُسَمَّى خامات. فالهيماتَيْتُ – أحَدُ خامات الحديد – يَحوي أُكسيدَ الحديد، ح2أ3 «Fe_2O_3». والغالينا – كِبْريتيد الرَّصاص، صاكب «PbS» – هو خامُ الرَّصاص الرَّئيسيّ.



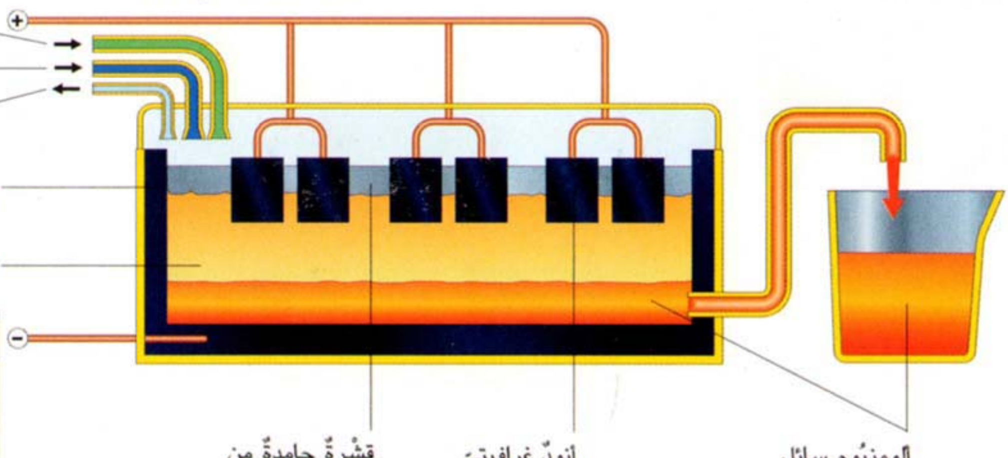
عُمّالٌ يَرْتدون مَلابِسَ واقِيَةً يَفْتحون الثُّقْبَ في أسفَلِ الفُرْنِ العالي كُلَّ ثماني ساعات. فيَنْسابُ خارجًا الحديدُ المُنْصهِرُ المُبْيَضُّ بِشِدَّةِ الحرارة على درجة 1600°س.

الكثيرُ من الفلِزّات تُسْتَخْلَص بإحماءِ خاماتِها في فُرْنٍ مع عاملٍ مُخْتَزِل يَنْزِعُ العناصِرَ المُرْتبطةَ بالفلِزّ. وتُسَمَّى هذه العمليَّةُ طريقةَ الصَّهْر. فَصَهْرُ خامِ الحديد مثلًا مع الكَرْبون يُنْتِجُ فلِزَّ الحديد وغازَ ثاني أُكسيد الكربون. الكربونُ يَنْزِعُ الأُكسجينَ من أُكسيدِ الحَديد.

يُمكِنُ استِخْدامُ الكَرْبون كعامِلٍ مُختزِلٍ في طريقة الصَّهْر للفلِزّات التي تَقَعُ تحتَه في سِلْسِلةِ التفاعُليَّة. فالخارصين (الزِّنْك) والحَديد والقَصْدير والرَّصاص تُنْتَجُ بِصَهْر خاماتِها مع الكربون.

لكِنَّ الكربونَ لا يَصْلُحُ لِتَحْقيق ذلك في عمليّات صَهْرِ الفلِزّات الأكثَرِ منه تفاعُليَّةً. لذا، يُصارُ إلى إنتاج تلك الفلِزّات (من الألومنيُوم حتَّى البوتاسيُوم في سِلْسلةِ التفاعُليَّة) بِكَهْرَلَةِ مُرَكَّباتِها المُنْصَهِرة.

يُمْزَجُ أُكسيدُ الألومنيُوم مع الكريُولَيْت بحيثُ يَنْصَهِرُ على درجةِ 850°س. والكَهْرَلَةُ (التحليلُ الكهربائيّ) بين إلِكترودات غرافيتيَّةٍ تُجَمِّعُ فلِزَّ الألومنيُوم على الكاثود وغازَ الأُكسجين على الأنودات. ويُبْقي التيّارُ الكهربائيُّ المُحَلِّلُ المَزيجَ حارًّا بما فيه الكِفايةُ لِيَبْقى سائلًا. وحيثُ إنَّ الأُكسجينَ يُؤَكْسِدُ الأنوداتِ تدريجيًّا، فإنَّه يَنْبغي استِبْدالُها من وَقتٍ لآخر.



أُنْظُر أيضًا

الجَدْولُ الدَّوريُّ للعناصِر ص 152 – 153، الكَرْبون ص 170، خصائصُ الفلِزّات ص 196 – 197

الحَوامض (الحُموض)

الحوامِضُ مُرَكَّباتٌ هِدْروجينيَّةٌ تُنتِجُ مع الماء أَيونات الهِدْروجين، فتجعَلُ المَحْلولَ حَمْضيًّا. الحوامِضُ تُحَوِّلُ لونَ وَرَق عبّاد الشَّمْس الأزْرَق إلى الحُمرة.









▲ قواريرُ الحوامض المِخْبَريَّة تحمِلُ بطاقاتٍ تُحَذِّر بأنَّ مُحْتوياتِها أكّالةٌ ومُؤذية (أعلى الصورة). الحُموضُ العُضْويَّةُ في الثِّمار ذاتُ طَعْم حادٍّ وهي غيرُ مؤذية؛ لكِنَّ الحامضَ في لَسْعات الزّنابير يُحدِثُ تفاعُلًا مُؤلمًا. بَطاريّاتُ السيّارات (أسفَل الصورة) تَحوي حامضَ الكِبْريتيك الشَّديدَ الأكّاليَّة.

كثيرٌ من الأشياءِ العاديَّة تَحوي حوامِض. فاللَّيمونُ يَحوي حمضَ اللَّيمون (حامِض السِّتريك)؛ والخَلُّ يَحوي حامِضَ الإيثانويك، المعروف بحامِض الخَلِّ (أو حَمْض الأسيتيك). الحوامِضُ المُختلِفةُ تُكسِبُ اللَّيمونَ والخَلَّ والتفّاح الحذيق وغيرَها طعْمَها الحادّ. بطّاريّاتُ السيّارات تَحوي حامِضَ الكِبْريتيك، والعُصاراتُ الهَضْميَّةُ في المَعِدة تحوي حامضَ الهَيْدروكلُوريك.

الحوامِضُ هي مَحاليلُ موادَّ تُنتِجُ أَيونات الهِدْروجين (هـ$^+$، «H^+»)، عندما تَذوبُ في الماء. الكثيرُ من الموادِّ الحمضيَّة يُمكِنُ الحصولُ عليها نَقيَّةً كجوامدَ أو سوائلَ أو غازاتٍ؛ لكِنَّها لا تعمَلُ كحَوامضَ إلّا وهي ذائبةٌ في الماء.

تفاعُلاتٌ حَمْضيَّة

يُمكِنُ الكشفُ عن الحوامضِ بإضافةِ كاشفٍ صِبْغيّ كوَرقِ عبّاد الشَّمْس الذي يَحوي صِبْغًا كاشِفًا يتحَوَّلُ لونُه الأزرقُ إلى الحُمرة في المَحاليل الحَمْضيَّة. كثيرٌ من الحوامضِ تُنتِجُ غازَ الهِدْروجين عندما تُمْزَجُ مع فلِزّاتٍ فَعّالة كالخارصين (الزِّنْك) أو المَغْنيسيوم. وإذا مُزِجَ حامضٌ قَويٌّ مع بيكربونات الصوديوم (ص هـ ك أ3، «$NaHCO_3$»)، فإنَّ المَزيجَ يَئِزُّ بفَقاقيع غازِ ثاني أُكسيد الكربون المُتَصاعد.



◄ حامِضُ الكِبْريتيك المُرَكَّز عامِلُ إنكازٍ (تَجفيفٍ) قويّ. فهو يُزيلُ الهِدْروجين والأُكسجين من الموادّ بنِسْبَة وجودِها في الماء. هذه الصورةُ تُبَيِّنُ تَحوّل السُّكَّر إلى كربون بفِعل حامض الكِبْريتيك المُرَكَّز. هذا الحامضُ يُحوِّلُ السُّكَّرَ إلى كربون بفِعل حامض الكِبْريتيك المُرَكَّز. هذا الحامضُ يُحوِّلُ السُّكَّرَ (ك12 هـ22 أ11، «$C_{12}H_{22}O_{11}$») إلى 11 جُزَيئًا من الماء وَ12 ذرَّةً من الكربون. وتُحَوِّلُ حرارةُ التفاعُلِ بعضَ الماءِ إلى بُخار يُكَوِّنُ رُغاءً من الكربون الأسْوَد.



قِطَعٌ صغيرةٌ من فلِزّ الزِّنك تَذوبُ بِسُرعةٍ في حامِض الهَيْدروكلوريك. فتَنْبَعِثُ فقاقيعُ من غاز الهدروجين، ويَذوبُ الزِّنكُ مُكَوِّنًا مَحْلولًا من كلوريد الزِّنك.

الحوامِضُ العُضْويَّة

تُنتِجُ النَّباتاتُ والحيَواناتُ مجموعةً مُنوَّعةً من مُرَكَّباتِ الكربون الحَمْضيَّة تُسَمَّى الحوامِضَ (أو الحُموضَ) العُضْويَّة. مُعظَمُ هذه الحموض عديمُ الضَّرر؛ وكثيرٌ منها يُكْسِبُ الثِّمارَ والأغذيةَ الأُخرى نَكْهَةً مُحَبَّبة. الزُّيوتُ النباتيَّةُ والدُّهونُ الحيَوانيَّةُ هي مُرَكَّباتٌ من الحوامض العُضْويَّةِ مع الغليسَرول (الغليسَرين). وأنواعُ الصابونِ المُختلِفةُ هي أملاحٌ من الحوامضِ العُضْويَّة تُصَنَّعُ من الزُّيوت والدُّهون. والحامِضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسجين (د ن أ) – هو حامِضٌ بالِغُ التَّعقيد يَحْمِلُ الشَّفْرةَ الجينيَّة (الوراثيَّة).

قِلَّةٌ من الحوامض العُضْويَّةِ الطبيعيَّة هي حوامِضُ مُؤذِيَة. فالقُرّاصُ اللّاسِعُ وبعضُ النَّمْلِ القارِص تُدافِعُ عن أنفُسِها بحامِضِ الميثانويك (هـ ك أ2هـ، «HCO_2H») الذي يُسَبِّبُ حُرْقَةَ اللَّسْع. ويُسَمَّى هذا الحامضُ أيضًا حامضَ النَّمْل.

أوراقُ بعضِ النَّباتات، كالرّاوَنْد، تَحوي حامضَ الأوكساليك السّامّ. والحيواناتُ العاشِبَةُ سُرْعانَ ما تتعَلَّم تَحاشي رَعْيِ هذه النباتات.

الحوامِضُ اللّاعُضْويَّة

الحوامِضُ المُصَنَّعةُ من المعادِن واللّافِلِزّات تُسَمَّى حوامِضَ لا عُضْويَّة. والشّائعُ منها يَشْمَلُ حامِضَ الكِبْريتيك (هـ2كب أ4، «H_2SO_4») وحامِضَ الهَيْدروكلُوريك (هـ كل، «HCl») وحامِضَ النِّيْتريك (هـ ن أ3، «HNO_3») وحامِضَ الفُسْفوريك (هـ3فو أ4، «H_3PO_4»).

تُنتِجُ الصِّناعاتُ سَنويًّا ملايينَ الأطنان من هذه الحوامض لاستِخْدامِها في صُنْعِ اللَّدائنِ والأَلْياف والأَسْمدةِ والأَصْباغِ وكيماويّاتٍ أُخرى. الحوامِضُ اللّاعُضْويَّةُ المُرَكَّزةُ هي غالبًا أكّالةٌ شَديدَةٌ؛ فهي تُعْطِبُ الجِلْدَ وتُذيبُ مُعظَمَ الفِلِزّات بِسُرعة؛ حتّى إنَّ حامِضَ الهَيْدروفلُوريك (هـ فل، «HF») يُذيبُ الزُّجاج. وهنالك حوامِضُ لاعُضْويَّةٌ أُخرى مأمونةُ المَخاطر تمامًا. فحامِضُ البُوريك (هـ3ب أ3، «H_3BO_3») مثلًا هو المُقَوِّمُ الرئيسيُّ في الغَسُولات المُهَدِّئة والمُطَهِّرة للعَيْن.

أُنْظُر أيضًا

المُرَكَّباتُ الكيماويَّة ص 164 – 165
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزراعيَّة ص 448 – 449

القواعِدُ والقِلْويّات

القاعدةُ مادّةٌ تُعادِلُ حامِضًا بِتَفاعُلِها مع أَيُوناتِ الهِدْروجين. القِلْيُ قاعدةٌ ذَوّابةٌ في الماء؛ والقواعِدُ تُحَوِّلُ لونَ وَرَق عبّاد الشَّمْس المُحمَرّ إلى الزُّرْقة.



الحموضُ، من النَّبْتِ المُتَعَفِّن، والمَطَرُ الحَمْضيُّ تُؤذي المُتَعَضِّياتِ المائيَّة. هذا العمودُ يَصُبُّ كمِّيّاتٍ مُقَيَّسَةً من الكِلْس (هدروكسيد الكالسيوم) في مياه نَهْرٍ جارٍ لِيُعادِلَ الحوامِضَ فيها.

القواعِدُ في مُعْظَمِها مَعادِنُ تَتفاعَلُ مع الحوامِضِ لِتُكوِّنَ ماءً ومِلْحًا. وهي تَشْمَلُ أكاسيدَ وهِدْروكسيدات وكَرْبونات الفِلِزّات. مثالُ ذلك، هِدروكسيد الصوديوم (ص أ هـ، «$NaOH$») وكَرْبونات الكالسيوم (كاك أ3، «$CaCO_3$») وأُكسيد البوتاسيُوم (بو2أ، «K_2O»).

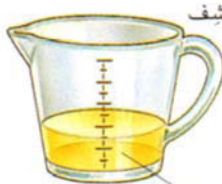
القواعِدُ تَتفاعَلُ مع أَيُوناتِ الهِدْروجين في مَحْلولٍ حَمْضيّ لِتُكوِّنَ الماء. أُكسيد النُّحاس (نح أ، «CuO»)، وهو قاعِدةٌ نَمُوذجيَّة، يُعادِلُ حامِضَ الكِبْريتيك (هـ2كب أ4، «H_2SO_4») مُنتِجًا الماءَ وكِبْريتاتِ النُّحاس (نح كب أ4، «$Cu\,SO_4$»). المُعادَلةُ الكيماويَّةُ التالية تُبَيِّنُ هذا التحَوُّل:

نح أ + هـ2 كب أ4 ← نح كب أ4 + هـ2أ.

$$H_2O + Cu\,SO_4 \leftarrow H_2SO_4 + CuO$$

وهذا يَعني أنّه إذا أُضيفَ سَحيقُ أكسيد النُّحاس الأَسودُ إلى الحامضِ العديمِ اللَّون، فإنّ المَسْحوقَ يذوبُ ويتلَوَّنُ المَحْلولُ بلَونِ كِبْريتات النُّحاس الزَّرقاء. بعدَ فَتْرةٍ قصيرةٍ يَتوَقَّفُ ذَوبانُ أُكسيد النُّحاس، ولا يَبْقى للحامضِ وُجودٌ، والمَحْلولُ عندئذٍ لا يُحَوِّلُ الكواشِفَ إلى ألوانِها الحَمْضيَّة؛ وهذا مِثالٌ على تفاعُلاتِ التَّعادُل. المِلْحُ المُنْتَجُ في هذا التفاعُلِ يتألَّفُ من أَيُوناتِ النُّحاس (نح+2، «Cu^{2+}») وأيُونات الكِبْريتات (كب أ4-2، «SO_4^{2-}»). أيونُ النُّحاس المُوجِبُ مَصدرُه القاعدةُ، وأَيُون الكِبْريتات السَّالبُ مَصدرُه الحامض. ومُنْتَجُ التفاعُلِ الآخَرُ هو الماء. ويُسَمّى جُزْءُ الحامض الذي يُكوِّنُ الأملاحَ في تفاعُلاتِ التعادُل الشِّقَّ الحَمْضيَّ؛ والشِّقُّ الحَمْضيُّ لحامضِ الكِبْريتيك هو (كب أ4-2، «SO_4^{2-}»).







▲ يتحَوَّلُ لونُ الكاشِف عبّاد الشَّمْس إلى الزُّرْقة في مَحْلول كربونات الصوديُوم (أعلى الصُّورة) لأنَّ المَحْلولَ قِلْويٌّ. وإذا أُضيفَتْ قَطَراتٌ من الخَلّ (فوق وَسَط الصورة) إلى المَحْلول (أعلاه)، فإنَّ الحامضَ في الخَلِّ يُحَوِّلُ لونَ عبّاد الشَّمْس إلى الحُمْرة هُنَيْهَةً حتّى يتعادَلَ مع القِلْي. وعندما تتِمُّ مُعادلةُ كُلِّ البيكربونات يُصبِحُ لونُ المَحْلول أُرجُوانيًّا. وإذا أُضيفَ مَزيدٌ من الحامِض، فإنَّ لونَ المَحْلول يتحوَّل إلى الحُمْرة.

القِلْويّات

القِلْويّاتُ هي قواعِدُ ذَوّابةٌ في الماء. ويُمكِنُ تَبَيُّنُ المَحْلولِ القِلْويّ بإضافة أحدِ الكواشِف. فمَحْلولُ هِدْروكسيد الصوديُوم، مثلًا، يُحوِّلُ لونَ عبّاد الشَّمْس من الأُرجوانيِّ المُحمَرِّ إلى الزُّرْقة. المَحاليلُ القِلْويَّةُ تَحوي أيوناتِ الهِدْروكسيد (أهـ⁻، «OH^-»). فعندما يُمْزَجُ مَحْلولٌ حَمْضيٌّ بِمَحْلولٍ قِلْويّ، تتفاعَلُ أَيُوناتُ الهِدْروكسيد من القِلْيِ مع أَيُونات الهِدْروجين من الحامِض لِتُكوِّنَ الماء؛ والمُنْتَجُ الآخَرُ للتفاعُل هوَ مِلْحٌ.



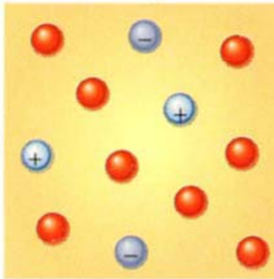
◄ الزُّروعُ لا تجودُ في التُّربةِ الحَمْضيَّة. فالتُّرَبُ القليلةُ القِلْويَّة هي الأمثَلُ لِنمُوِّ النَّباتاتِ ولانتِشار المُتَعَضِّيات التُّرْبيَّة المُفيدة. المزارعون يُضيفون سَحيقَ الكِلْس – هدروكسيد الكالسيُوم – القاعديّ إلى التُّرَب الحَمْضيَّة لأنَّ الكِلْسَ يُعادِلُ الحامِضَ ويجعَلُ التُّربةَ قليلةَ القِلْويَّة.

أُنْظُر أيضًا

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
إنتاجُ الأَغْذِيَة ص 230 – 231
تلَوُّثُ الهواء ص 453

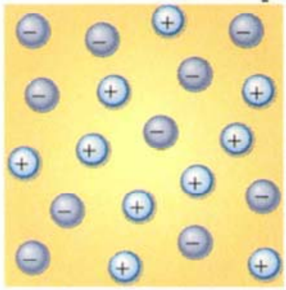
الكواشِفُ والرَّقْمُ الهِدْروجينيّ (هـ^س «PH»)

الرَّقْمُ (أو الأُسُّ) الهِدْروجينيّ (هـ^س، «PH») يُبَيِّنُ ما إذا كان المَحلولُ حَمْضيًّا أو قِلْويًّا - كما يُبَيِّنُ مدَى قُوَّتِه. والكواشِفُ هي أَصْباغٌ يَتغَيَّرُ لَوْنُها تَبَعًا للرَّقْمِ الهِدْروجينيِّ للمَحْلول.



الحوامِضُ الضعيفةُ تَتأيَّن جُزْئيًّا في المَحاليل

عندما نُلقي قِطَعًا من فلِزِّ الخارصين (الزِّنْك) في حامِض الهَيْدروكلُوريك نراها تتفاعَلُ معه بِسُرعةٍ وتَذوب. أمّا مَحْلولُ حامِض السِّيتريك، حتّى عندما يكونُ مُرَكَّزًا، فليسَ له أيُّ تأثير مَلْحوظٍ على الفلِزّ. الحوامِضُ العُضويَّةُ، كحامِضَي السِّتْريك والإيثانويك، تُصَنَّفُ كحوامِضَ ضَعيفة. أمّا الحوامِضُ اللَّاعُضْويَّةُ، كحامِضِ الهَيْدروكلُوريك وحامِض الكِبْريتيك، فحوامِضُ قوِيَّة.



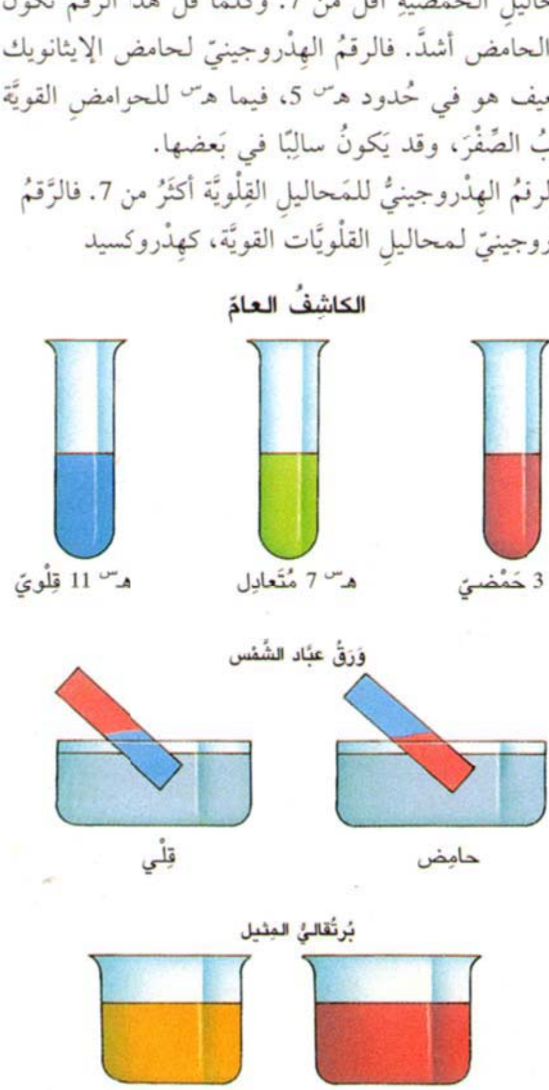
الحوامِضُ القويَّةُ تَتأيَّن كُلِّيًّا في المَحاليل

▲ مَحاليلُ الحوامض القويَّة تَحوي أَيُوناتِ الهِدْروجين وأَيُوناتِ الشِّقِّ الحَمْضيّ فقط. أمّا مَحاليلُ الحوامِضِ الأضعف فتَحوي بعضَ الأَيُونات بالإضافة إلى جُزَيئات الحَمض التي لم تَتأيَّن (بالأحْمر).

مِقياسُ الرَّقْمِ الهِدْروجينيّ (هـ^س، «PH»)

قيمةُ هـ^س «PH» لأيِّ مَحْلولٍ هي بَيانٌ لِحَمْضيَّتِه أو قِلْويَّتِه. المَدى المُتَعارفُ لِلرَّقْمِ الهِدْروجينيّ يَتوالَى من هـ^س 1 (للحامِضِ القويِّ جدًّا) إلى هـ^س 14 (للقِلْيِ القويِّ جدًّا). الرَّقْمُ الهِدْروجينيّ هـ^س للمَحاليلِ المُتَعادِلَة - اللَّاحَمْضيَّة واللَّاقلويَّة - هو الرَّقْم 7. الرَّقْمُ الهِدْروجينيُّ (هـ^س) للمَحاليلِ الحَمْضيَّةِ أقلُّ من 7. وكُلَّما قَلَّ هذا الرقمُ تكون قوَّةُ الحامض أشدَّ. فالرقمُ الهِدْروجينيّ لحامض الإيثانويك الضعيف هو في حُدود هـ^س 5، فيما هـ^س للحوامضِ القويَّة يُقارِبُ الصِّفْرَ، وقد يَكونُ سالِبًا في بَعضها.

الرقمُ الهِدْروجينيُّ للمَحاليلِ القِلْويَّة أكثَرُ من 7. فالرَّقْمُ الهِدْروجينيّ لمحاليلِ القِلْويّات القويَّة، كهِدْروكسيد الصوديُوم (ص أهـ «Na OH»)، قد يبلُغ هـ^س 14 أو حَتَّى يَزيد.



وَرَقُ عبّاد الشَّمْس يُبَيِّنُ ما إذا كان المَحْلولُ حَمْضيًّا (هـ^س > «أصغَر من» 7) أو قِلْويًّا (هـ^س > «اكبَر من» 7). بُرتُقاليُّ المِثيل يُغَيِّرُ لونَه من الأَصْفَر إلى الأحمر دونَ ما يُقارِبُ هـ^س 4.



▲ الكاشِفُ العامّ مَزيجٌ من الأَصباغ يَتميَّزُ بعدَّةِ تغَيُّراتٍ لونيَّةٍ تُبَيِّنُ قيمةَ هـ^س لِلمَحْلول.



تغيُّراتُ هـ^س الضئيلةُ جِدًّا تُؤثِّرُ في نوع الكائنات التي تَعيشُ في الماء. هذا البيُولوجيُّ يَسْتَخْدِمُ مِقياس هـ^س الإلكترونيّ الذي يقيسُ الرَّقمَ الهدروجينيّ بدِقَّةٍ تقارِبُ 0,1 وَحْدة هـ^س.

قياسُ هـ^س

أبسَطُ طريقةٍ لقياسِ قيمةِ هـ^س PH لِمَحْلولٍ مّا هي باستِخْدام أحدِ الكواشِف. الكواشِفُ أصباغٌ تَخْتَلِفُ ألوانُها تبَعًا لِمَدى مُعَيَّنٍ من قِيَمِ هـ^س. فعبّادُ الشَّمْس، مثلًا، هو صِبْغٌ نباتيٌّ أحمرُ اللَّون في الحوامض وأَزْرقُ اللَّون في القِلْويّات. فصِبْغُ ووَرَقُ عبّاد الشَّمْس تُسْتَخْدَمُ في تعَرُّفِ الحوامضِ والقِلْويّات. وهنالك كواشِفُ أُخرى تَتغَيَّرُ ألوانُها عندَ قِيَمٍ مُعَيَّنة أكثَرَ تحديدًا لِ هـ^س. فبُرتُقاليُّ المِثيل، مثلًا، يَتغَيَّرُ لونُهُ في المَدى هـ^س 3 إلى 4,5. والمَزيجاتُ من الكواشِف تُعطي تَقْديراتٍ أفضَلَ لقِيَم هـ^س.

لكِنَّ الطريقةَ الأفضلَ لقياسِ هـ^س هي بمِقياسِ هـ^س الإلكترونيّ، الذي يَقيسُ تَرْكيزَ أَيُوناتِ الهِدْروجين ويَحْتَسِبُ قيمةَ هـ^س بدِقَّة.

القُوَّةُ والتأيُّن

الرقمُ الهِدْروجينيّ هـ^س لحامِضٍ قويّ يُبيِّنُ أنَّ جميعَ جُزَيئاتِه قد انفلَقَتْ إلى أَيُوناتِ هِدْروجين وأَيُوناتِ شِقٍّ حَمْضيّ. الحوامِضُ الضعيفةُ تَتأيَّنُ جُزْئيًّا بحيثُ إنَّ قِسْمًا فقط من جُزَيئاتِها يَنْفَلِقُ لِيُنْتِجَ أَيُوناتٍ هِدْروجينيَّة. وهذا هو السَّببُ في أنَّ مَحاليلَها أقَلُّ حَمْضيَّةً من مَحاليلِ الحوامضِ القويَّة. وبالواقِع نَفْسِه، فإنَّ القِلْويّاتِ الضعيفةَ لا تُنْتِجُ سِوى قِلَّةٍ من أَيُوناتِ الهِدْروكسيد.

أُنْظُر أيضًا

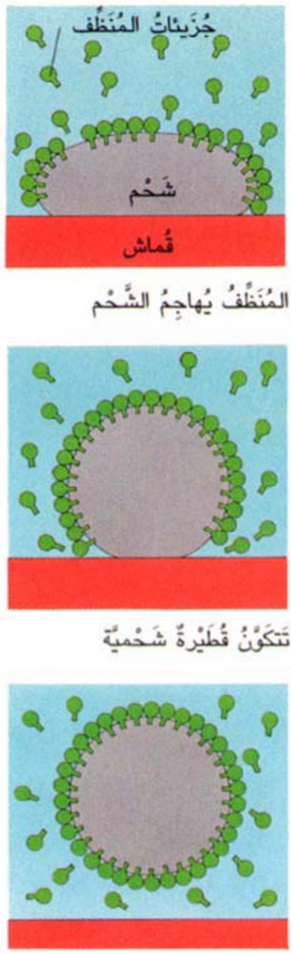
المَحاليل ص 158 - 159

الحوامِض (الحُموض) ص 184

القواعِدُ والقِلْويّات ص 185

الصَّابونُ والمُنَظِّفات

الصَّابونُ والمُنظِّفاتُ تجعَلُ الدُّهونَ والشُّحومَ ذوَّابةً في الماء. الصَّابونُ يُصَنَّعُ من الدُّهونِ والزُّيوت الطبيعيَّة. أمَّا المُنَظِّفاتُ فتُصَنَّعُ من البِتْروكيماويَّات (الكيماويَّات النِّفطيَّة).



المُنَظِّفُ يُهاجِمُ الشَّحْم

تَتَكَوَّنُ قُطَيْرةٌ شَحْميَّة

القُطَيْرةُ الشَّحْميَّةُ تَطْفو بعيدًا عن القُماش.

▲ جُزَيئاتُ المُنَظِّف ذاتُ أذيالٍ تألَفُ الدُّهونَ فتَعْلَقُ بالشَّحْم؛ وذاتُ رُؤوسٍ تألَفُ الماءَ فتَجعَلُ قُطَيراتِ الشَّحْم تَمْتَزِجُ بالماء.

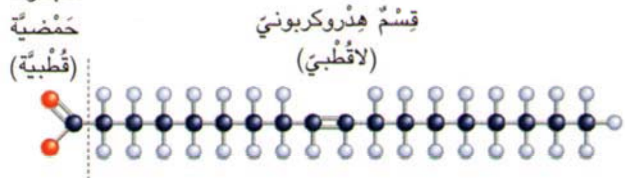
صابونُ الحمَّام وبَرْشُ الصَّابون أمثِلةٌ على المُنَظِّفاتِ الصابونيَّة التي تُصَنَّعُ في غالبيَّتِها من الزُّيوتِ النباتيَّة، كزَيْتِ النَّخيل وزَيْتِ الزَّيتون وزَيْتِ جَوْز الهِنْد (زَيْت النارَجيل). بعضُ أنواعِ الصَّابون يُصَنَّعُ من دُهونٍ وشُحومِ الحيَوانات.

المُنَظِّفاتُ اللَّاصابونيَّةُ هي عَوامِلُ التَّنْظيف في سوائلِ الغَسيل والشَّامْبو ومَساحيقِ الغَسيل. وهي تُصَنَّعُ من مُنْتَجاتٍ ثانويَّةٍ في عمليَّةِ تَكْريرِ النِّفط.

تَذْويبُ الشُّحوم

الوسَخُ المُتراكِمُ على المَلابسِ والجِلْدِ هو مَزيجٌ من القَذارةِ والشُّحوم. وأطباقُ المآدبِ تَتَّسِخُ عادةً ببَقايا الأطعمةِ الدُّهْنيَّة. وحيثُ إنَّ الزُّيوتَ والشُّحومَ صادَّةٌ للماء، فإنَّ الغَسْلَ بالماءِ وَحدَه لنْ يُذيبَ الأقذارَ الدُّهنيَّة. المُنَظِّفاتُ تَعْمَلُ على تَنْظيفِ المَلابسِ والجِلْد والأطباقِ بمُساعدةِ الماء على إذابةِ الدُّهونِ والشُّحوم.

هنالكَ أنواعٌ عديدةٌ مُخْتلِفةٌ من جُزَيئاتِ المُنَظِّفاتِ الصَّابونيَّةِ واللَّاصابونيَّة؛ لكِنَّها كُلَّها ذاتُ جُزءٍ قُطْبيٍّ وآخَرَ لاقُطْبيّ. الجُزْءُ القُطْبيُّ ذو شِحنةٍ كهربائيَّةٍ تَجْذِبُه إلى الماء؛ والجُزءُ اللَّاقُطْبيُّ مُتَعادِلٌ كهربائيًّا وجَيِّدُ الذوبانيَّة في الشَّحْم. فعندما يُمْزَجُ مُنَظِّفٌ مع الشَّحْم، تَذوبُ أجزاءُ جُزَيئاتِه اللَّاقُطْبيَّة في الشَّحْم؛ وتَبْرُزُ الأجزاءُ القُطْبيَّةُ خارجَ السَّطحِ الشَّحْميّ. وبالفَرْكِ والكَبْس يُفَكِّكُ الشَّحْمُ إلى قُطَيراتٍ تُحيطُ بها طَبَقةٌ من جُزَيئاتِ المُنَظِّف تكونُ المَجْموعاتُ القُطْبيَّةُ على الجانبِ الخارجيِّ لهذه الطبَقة – فتَذوبُ القُطَيراتُ في الماء.



جُزَيْءُ المُنَظِّفِ النموذجيّ ذو جُزْءٍ لاقُطْبيٍّ يَنْجذِبُ إلى الزُّيوتِ والشُّحوم، وجُزْءٍ قُطْبيٍّ، عادةً حَمْضيّ، يجعَلُ الجُزَيْءَ ذَوَّابًا في الماء.

صُنْعُ الصَّابون

يَصْنَعُ البَشَرُ الصَّابونَ مُنْذُ عِدَّةِ مئاتٍ من السِّنين. فكانوا سالِفًا يُقَلِّبونَ الدُّهونَ الحيوانيَّةَ والماءَ والرَّمادَ، من مَواقِدِهم، معًا ويتركونَ المَزيجَ عِدَّةَ أسابيعَ لِيَنْضَج. الماءُ والرَّمادُ يُكوِّنان قِلْيًا يُفكِّكُ الدُّهونَ الحيَوانيَّةَ ويُنْتِجُ الصابون. كيمياءُ صناعةِ الصَّابون الحَديثَةُ شديدةُ الشبَه بهذه الطريقةِ القديمة، لكِنَّ تِقْنيَّات العمليَّةِ اليومَ مُختلِفةٌ جدًّا.

الدُّهونُ الحيوانيَّةُ والنباتيَّةُ مُرَكَّباتٌ كيماويَّةٌ من الغليسَرول والأحماضِ الدُّهنيَّة. وهذه الأحماضُ تتألَّفُ من سَلاسِلَ طويلةٍ من ذرَّاتِ الكربون والهِدْروجين يَنْتَهي طَرَفُها بمَجْموعةٍ حَمْضيَّةٍ كَرْبوكسيليَّة (–ك أ2هـ، «CO_2H-»). القِلْيُ، وهو عادةً هِدْروكسيد الصوديوم، يُحَوِّلُ الجُزَيئاتِ الدُّهْنيَّةَ إلى غليسَرول وأحماضٍ دُهْنيَّة. ثُمَّ يتفاعَلُ القِلْيُ مع هذه الأحماض لِيُكوِّنَ مِلْحًا – فتَغْدو سِلْسِلةُ الهِدْروكربون الطويلةُ للحامضِ الدُّهْنيِّ مُنْتَهِيَةً بأيُون الكربوكْسِلاتِ القُطْبيِّ (–ك أ2– ، «$-CO_2^-$») الذي يَألَفُ الماء. وهذا هو الصابونُ الخام. وبعدَ التخَلُّصِ من الكيماويَّاتِ الأُخرى في التفاعُل بالشَّطف، يُجَفَّفُ الصَّابونُ المُنَقَّى، وتُضافُ إليه عادةً الألوانُ والعُطورات قبْلَ صَبِّه في قوالِبَ للحُصول على قِطَعٍ مُسْتَطيلةٍ أو بَرْش. ويُسْتَخْدَمُ الغليسَرول – المُنتَجُ الثانويُّ في هذا التفاعل – في صُنْعِ المُتَفَجِّراتِ واللَّدائنِ وكيماويَّاتٍ أُخرى.



في المَرْحلةِ الأولى لِتَصْنيعِ الصَّابون، يَفْلِقُ مَحْلولُ هِدْروكسيد الصوديُوم جُزَيئاتِ الزَّيْت إلى صابونٍ وغليسَرول؛ ويُسَخِّنُ البُخار المَزيجَ. ثُمَّ، يُضافُ مَحْلولُ المِلْح لِيُخَثِّر الصابونَ الخام. والمَزيدُ من هِدْروكسيد الصُّوديوم يَفْلِقُ الزَّيْتَ المُتبقِّيَ في المَحْلولِ الصابونيِّ المِلْحيّ، ويَشْطُفُ الماءُ الصابونَ لإزالةِ الشَّوائب.

أُنْظُر أيضًا

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
القواعِدُ والقِلْويَّات ص 185
البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191

كيمياءُ الأَغذِيَة

الطَّعامُ يُوَفِّرُ الطاقةَ لأنشطةِ الجِسْم ويُؤَمِّنُ التَّغْذيةَ لِنُمُوِّ الأنسِجَةِ ورَأْبِها. المُقَوِّماتُ الأساسيَّةُ لِلْمَأكولات هي: الكَرْبوهِدْراتات، والدُّهونُ بما فيها الزُّيوتُ، والپروتينات والڤيتامينات.



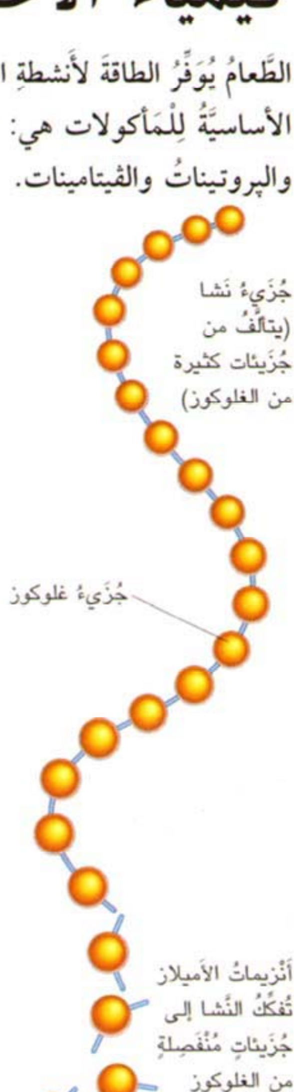
تعتَمِدُ الحياةُ على عددٍ هائلٍ من التَّفاعُلاتِ الكيماويَّة بيْنَ جُزَيئاتٍ أَساسُها الكربون. مُجْمَلُ العمليَّاتِ الكيماويَّة في الكائنِ الحيِّ تُسَمَّى الأَيْض (الاستِقْلاب). والأَيْض نوعان: الأَيْضُ الهَدْميُّ (الانْتِقاض)، ويَضُمُّ كافَّةَ التفاعُلاتِ التي تُفكِّكُ الجزيئاتِ الكبيرةَ وتُحَرِّرُ الطاقة؛ والأَيْضُ البِنائيُّ الذي يَسْتَخْدِمُ الجُزَيئاتِ البَسيطةَ لِتَخْليقِ الپروتيناتِ والدُّهونِ وموادَّ مُعَقَّدةٍ أُخرى.

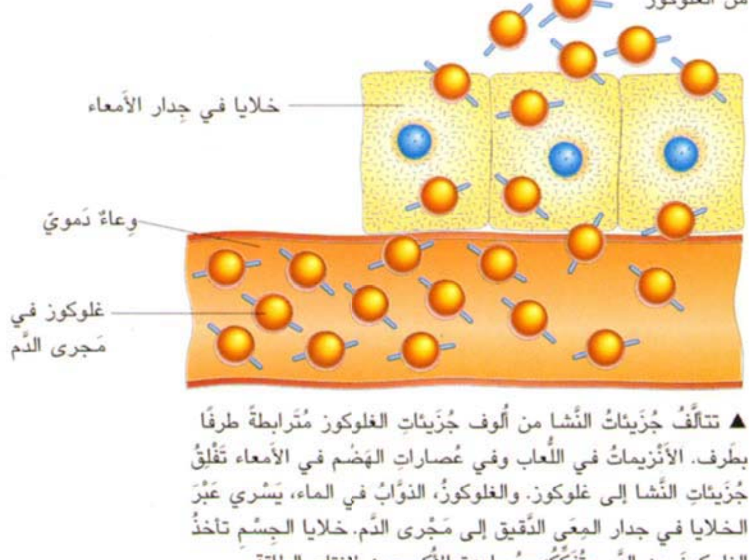
الأَيْضُ الهَدْميّ

الجزءُ الرئيسيُّ من الأَيْضِ الهَدْميِّ هو هَضْمُ الطَّعام. فأَنْزيماتُ الهَضْم تُفكِّكُ الجُزَيئاتِ الكبيرةَ إلى موادَّ بَسيطةٍ تُمْتَصُّ إلى مَجْرى الدَّم. الكَرْبوهِدْراتات، من الحُبوب، تَحوي النَّشا الذي يتفَكَّكُ بَعْضُه إلى جُزَيئاتٍ من الغلوكوز. وهَضْمُ الپروتينات يُنْتِجُ الأحماضَ الأمينيَّة. أمَّا الدهونُ فلا تُفَكَّكُ إلى جُزَيئاتٍ أَبْسَط؛ بَلْ تَحُلُّها الصَّفْراءُ (المُرَّة)، من الكَبِد، العامِلَةُ كمُنَظِّفٍ إلى مُسْتَحْلَبٍ من القُطَيْراتِ الدُّهْنيَّةِ الدَّقيقة. وتَنْقُلُ الأَوعيَةُ الدمويَّةُ المُحيطةُ بالأَمعاء جميعَ هذه الموادَّ إلى الكَبِد.

الأَيْضُ البِنائيّ

الكَبِدُ هي المَصْنَعُ الكيماويُّ للجِسْم. فهي تَخْتَزِنُ الغلوكوز وتُنَظِّمُ أيضًا كمِّيَّتَه في الدَّم بحيثُ تُتاح كمِّيَّةُ الطاقةِ الصَّحيحةُ لجميعِ الخلايا. وتَسْتَخْدِمُ الكَبِدُ أيضًا الغليسَرولَ من الدُّهون والزُّيوت لِتُصَنِّعَ إمداداتٍ إضافيَّةً من الغلوكوز. كما تُعالِجُ الأحماضَ الأمينيَّةَ من الپروتيناتِ الهَضميَّةِ، وتَضْمَنُ أنَّ الكمِّيَّاتِ الصَّحيحةَ منها تَسْري في الدَّم. ونَذكُرُ أنّ الخلايا في مختلِف أنحاء الجِسْم تُخَلِّقُ الپروتيناتِ بضَمِّ الأحماضِ الأَمينيَّةِ معًا في تتابُعٍ يَحْكمُه د ن أ. والكَبِدُ تُفكِّكُ أيضًا الدُّهونَ وتُحَوِّلُ المُنْتَجاتِ إلى موادَّ زَيتيَّةٍ، تُسَمَّى شَحْميدات، ضروريَّةٍ لتكوين أغشيةِ الخلايا. أمّا الشَّحْميداتُ الفائضةُ فتُخْتَزَنُ في نواحي الجِسْمِ كدُهون.



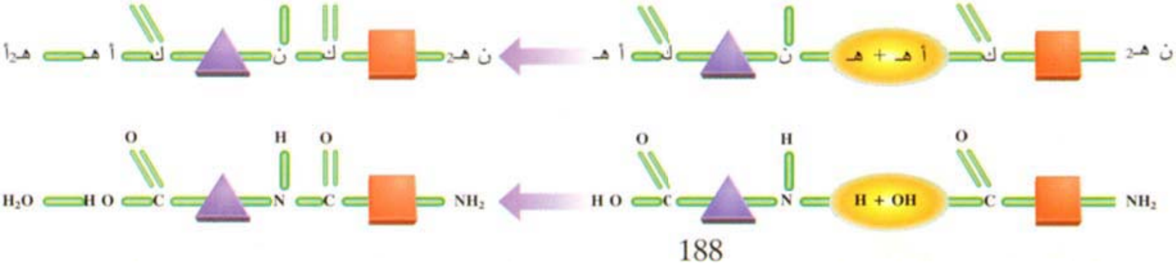


▲ تتألَّفُ جُزَيئاتُ النَّشا من أُلوف جُزَيئاتِ الغلوكوز مُتَرابطةً طرفًا بطَرف. الأَنْزيماتُ في اللُّعاب وفي عُصاراتِ الهَضْم في الأَمعاء تَفْلِقُ جُزَيئاتِ النَّشا إلى غلوكوز. والغلوكوزُ، الذوّابُ في الماء، يَسْري عَبْرَ الخلايا في جدار المِعَى الدَّقيق إلى مَجْرى الدَّم. خلايا الجِسْم تأخذُ الغلوكوزَ من الدَّم وتُفَكِّكُه بمُساعدةِ الأُكسجين لإنتاج الطاقة.

▼ الغِذاءُ الصِّحِّيُّ المُتَوازِنُ يَحوي النِّسَبَ الصَّحيحةَ من الكربوهِدْراتات والدُّهونِ والزُّيوتِ والأَلْيافِ والپروتينات. الأَلْيافُ الغذائيَّةُ هي ضَرْبٌ لا هَضومٌ من النَّشا، يُعرَف بالسليولوز. ورُغْمَ لاهَضوميَّتها، فإنَّ هذه الأَلْيافَ تُساعِدُ الهَضْمَ السَّليمَ بتَيْسير انتِقالِ الغِذاءِ عَبْرَ الأَمعاء.



الأَحْماضُ الأَمينيَّةُ تترابَطُ معًا لِتُكَوِّنَ الپروتينات. فتتَّحِدُ مَجْموعةُ (–أهـ، «–OH») في الشِّقِّ الحامِضيِّ مع ذرَّةِ هِدْروجين من المَجْموعةِ الأَمينيَّة (–ن هـ₂، «–NH₂») لِتُكَوِّنَ الماء.





إزْدِراعُ الأَغذيَة

مُعظمُ أَغذِيةِ البَشَر مَصْدَرُها النَّباتات. حتّى اللُّحُوم، فإنَّ مَصْدَرَها حيواناتٌ تَغْتذي بالنَّبات. تَسْتَخْدِمُ النَّباتاتُ عمليَّةَ التَّخْليق الضوئيِّ لإبْتِناءِ الغلوكوز من الماءِ وثاني أُكسيد الكربون. ثمَّ تَضُمُّ جُزَيئاتِ الغلوكوز معًا لتَصْنعَ النَّشا. وهي تَسْتَخْدِمُ الغلوكوزَ أيضًا كمَادَّةٍ بِدايةٍ في تَخْليقِ الدُّهونِ والزُّيوت. وتَسْتَمِدُّ هذه العمليّاتُ مُرَكَّباتٍ من الكربون والهِدْروجين والأُكسِجين من تفاعُلِ التَّخْليقِ الضَّوئيّ. وفي تَصنيع البروتينات، تَحتاجُ النَّباتاتُ أيضًا إلى النِّتْروجين.

مَسألةُ النِّتْروجين

تَسْتَمِدُّ النَّباتاتُ النِّتْروجين من التُّربة على شَكْلِ أَملاحٍ نِتْراتيَّةٍ مُذابةٍ في المياه الجَوفيَّة. البَكتِريا في التُّربة تُحَوِّل النِّتْروجين من الهواء إلى نِتْرات. وتعمل بكتيريّاتٌ تُربيَّةٌ أخرى أيضًا على تَفْكيكِ بَقايا النباتاتِ والحيواناتِ المَيْتةِ لِتُكوِّنَ نِتْرات. هذه العمليّاتُ الطبيعيَّةُ تُوَلِّدُ ما يكفي من النِّتْرات للنُّموِّ الطبيعيِّ العاديّ للنباتات. لكنَّ الإزدِراعَ الكثيفَ سُرعانَ ما يَسْتَنْفِدُ النِّتْراتِ في التُّربة، لذا يتوجَّبُ على المُزارعين إضافةُ الأَسْمدة الإصطِناعيَّة إلى التُّربة لِتَوفيرِ النِّتْراتات للنباتات لِتَصنعَ البروتينات.

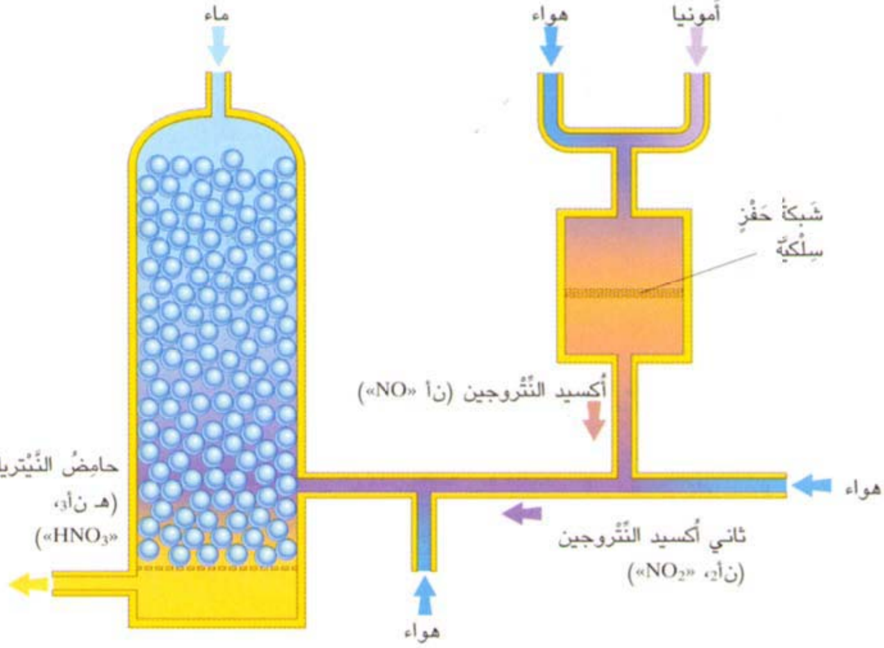
نِتْراتُ الأَمونيُوم (ن هـ٤ ن أ٣، «NH_4NO_3») سَمادٌ شائعٌ يُصَنَّعُ من الأَمونيا (ن هـ٣، «NH_3») وحامِضِ النَّيْتريك (هـ ن أ٣، «HNO_3»). وحيثُ إنّ هذا الحامض يُحَضَّرُ من الأمونيا، فإنّ كلا هاتين المادَّتين تعتَمِدُ على طريقةِ هابِر لتَحويلِ النِّتْروجين من الهواء إلى أمونيا (أُنظُر ص 176). نِتْراتُ البوتاسيوم (بو ن أ٣، «KNO_3») وكبريتاتُ الأمونيُوم [(ن هـ٤)٢ كب أ٤، «$(NH_4)_2SO_4$»] هما سَمادان آخران يَحويان النِّتْروجين بشَكْلٍ تَسْتطيعُ النباتاتُ استِخْدامَه.

► حُبوبُ الحِنْطة، كالشَّعير، تَحوي جميعَ الموادِّ الغذائيَّةِ الرئيسيَّة. فالعِجْلُ مثلًا يَسْتَهلكُ حوالى 10 كغ من الحُبوبِ لِيَزدادَ وزنُه كيلوغرامًا واحدًا. والمَعْروفُ أنَّ لَحْمَ المواشي غَنيٌّ جدًّا بالبروتينات والدُّهون، لذا فإنَّ تناوُلَ اللُّحوم بإفراط يُعتَبَرُ غذاءً غيرَ مُتوازِن.



► هذه العُجَيْراتُ الجذريَّةُ تحتوي بَكتِريا نَتْرَتة تُحَوِّلُ النِّتْروجين من الهواء إلى نِتْرات. تعيش بكتِريا النَّتْرتة على جُذور البُقول، كالبازِلّا والفاصوليا – فالبَقْلُ يُوَفِّرُ غذاءً للبكتِريا ويَتلَقّى منها نِتْراتٍ مُغَذِّيَة.

▼ يُصْنَعُ حامِضُ النَّيْتريك بإمرارِ الهواءِ والأمونيا (ن هـ٣، «NH_3») فوقَ حَفّازٍ مُلائم. المُنْتَجُ الأوَّليُّ هو أكسيد النِّتْروجين (ن أ، «NO») الذي يُحَوِّلُه أكسجين الهواءِ إلى ثاني أكسيد النِّتْروجين (ن أ٢، «NO_2»). ويتَّحِدُ ثاني أكسيد النِّتْروجين بالماءِ مُكوِّنًا حامضَ النَّيْتريك (هـ ن أ٣، «HNO_3»)، الذي يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الأَسْمدة النِّتْراتيَّة.



ڤيتامين	مَصادِرُ اعتياديَّة	تأثيره في الجِسْم
ڤيتامين أ (A)	الكَبِدُ وزيوتُ السَّمك ومُنْتَجاتُ الألبان والثِّمار والخَضراوات	يُحتاج لِصحَّة العُيون والجِلْد والأنْسِجَة
ڤيتامين ب (B)	اللُّحومُ ومُنْتَجاتُ الألْبان والحُبوبُ الكامِلة (كما في الدَّقيق والخُبْزِ الكامِلَيْن) والخَضراوات	تَستَخْدِمُه الخَلايا في تحرير الطاقة، وفي توليد كُرَيّات الدَّم الحَمْراء
ڤيتامين ج (C)	البُرتُقال واللَّيمون وفواكه عديدة أُخرى والخضراوات	يُحتاجُ لِصحَّة العظام والأسنان ولِرَابِ الأنْسِجة
ڤيتامين د (D)	الأسْماكُ الزيتيَّة ومُنْتَجاتُ الألبان والبَيض. بعضُ هذا الڤيتامين يُصْنَعُ في الجِلْد عند تعرُّضِه لِضَوءِ الشَّمْس	امتِصاصُ الكالسيُوم والفُسفور واستِخْدامُها في نُموِّ العِظام
ڤيتامين هـ (E) «التوكوفيرول»	الدَّقيقُ الأسمرُ، وسُويداءُ القَمْح، والكَبِد والحليب والبَيْض والخَضراوات الخضراء	يُساعِدُ في عمليَّةِ تَنَفُّسِ الخَلايا والحِفاظ على الڤيتامينات الأُخرى. في الجِسْم البَشَريّ لا وظيفةَ مُحدَّدةً مؤكدة له – نَقْصُه قد يُسَبِّبُ العُقم
ڤيتامين ك (K)	الخَضراواتُ الوَرَقيَّة. يُصْنَعُ أيضًا في الأمعاء بواسطةِ البكتِريا غير المُؤْذية	يُساعِدُ في تَخَثُّرِ الدَّم

الڤيتاميناتُ ضروريَّةٌ لقيام العديد من الأنْزيمات بوَظائفِها كما يَنْبغي. إنَّ نَقْصَ الڤيتامينات في غِذاءِ شَخْص، قد يُعرِّضُه للمَرض – لأنَّ الأنْزيماتِ في جِسْمِه لا تقومُ بوَظائفِها كما يَنْبغي. عِلْمًا أنَّ ما يحتاجُه الشَّخْص من أيِّ ڤيتامين للحِفاظ على صِحَّةٍ جَيِّدة لا يتجاوزُ جُزْءًا من الغرام يوميًّا.

أُنْظُر أيضًا

الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126 – 127
الهَضْم ص 128 – 129
إنتاجُ الأغذيَة ص 230 – 231

البِتْروكيماوِيَّات

البِتْروكيماويَّاتُ هِدْروكَرْبوناتٌ تُسْتَخْلَصُ من النِّفْط (أو الزَّيْت) الخام. وهي تشمَلُ مدًى واسِعًا من الوُقُدِ والمُزَلِّقاتِ والموادِّ الأوَّليَّةِ للكيماويَّاتِ الصِّناعيَّة.



مَريولُ هذه الطِّفْلة، والدِّهاناتُ، والأوعيةُ اللدائنيَّةُ، والصِّينيَّةُ التي تستَخْدِمها مَصْنوعةٌ كُلُّها من البِتْروكيماويَّات.

البِتْروكيماويَّاتُ مَصْدرُها النِّفْطُ الخام المُسَمّى أحيانًا البترول (وهو اسمٌ يُطلق على البنزين أحيانًا). يعتقِدُ معظمُ الجيولوجيِّين أنَّ النفطَ تكوَّن من كائناتٍ عُضويَّةٍ عاشَتْ قَبْلَ حوالى 600 مليون سنة وترسَّبت بقاياها في قاع المحيط، ثُمَّ طُمِرَت بالصُّخور الإسفَنْجيَّةِ عميقًا في باطِنِ الأرض.

النِّفْطُ الخامُ مَزيجٌ من مئاتِ مُرَكَّباتِ الكربون والهِدْروجين. ويَتَغَيَّرُ تركيبُه المَضْبوطُ من حَقْلٍ نِفْطيٍّ إلى آخَر. فبعضُ النفطِ العرَبيّ ونفطِ بَحْر الشَّمال يتألَّفُ في غالبيَّتِه من جُزَيئاتٍ صغيرة؛ لكنَّ النفطَ من الشرقِ الأوسط وڤنزويلا يَحوي جُزَيئاتٍ أكبَر. يُنْقَلُ النفطُ الخامُ عَبْرَ خُطوطِ الأنابيب أو بواسطةِ السفن الصِّهريجيَّة من حُقولِ النفطِ إلى معاملِ التكرير حيثُ يُحَوَّلُ إلى موادَّ مُفيدةٍ.

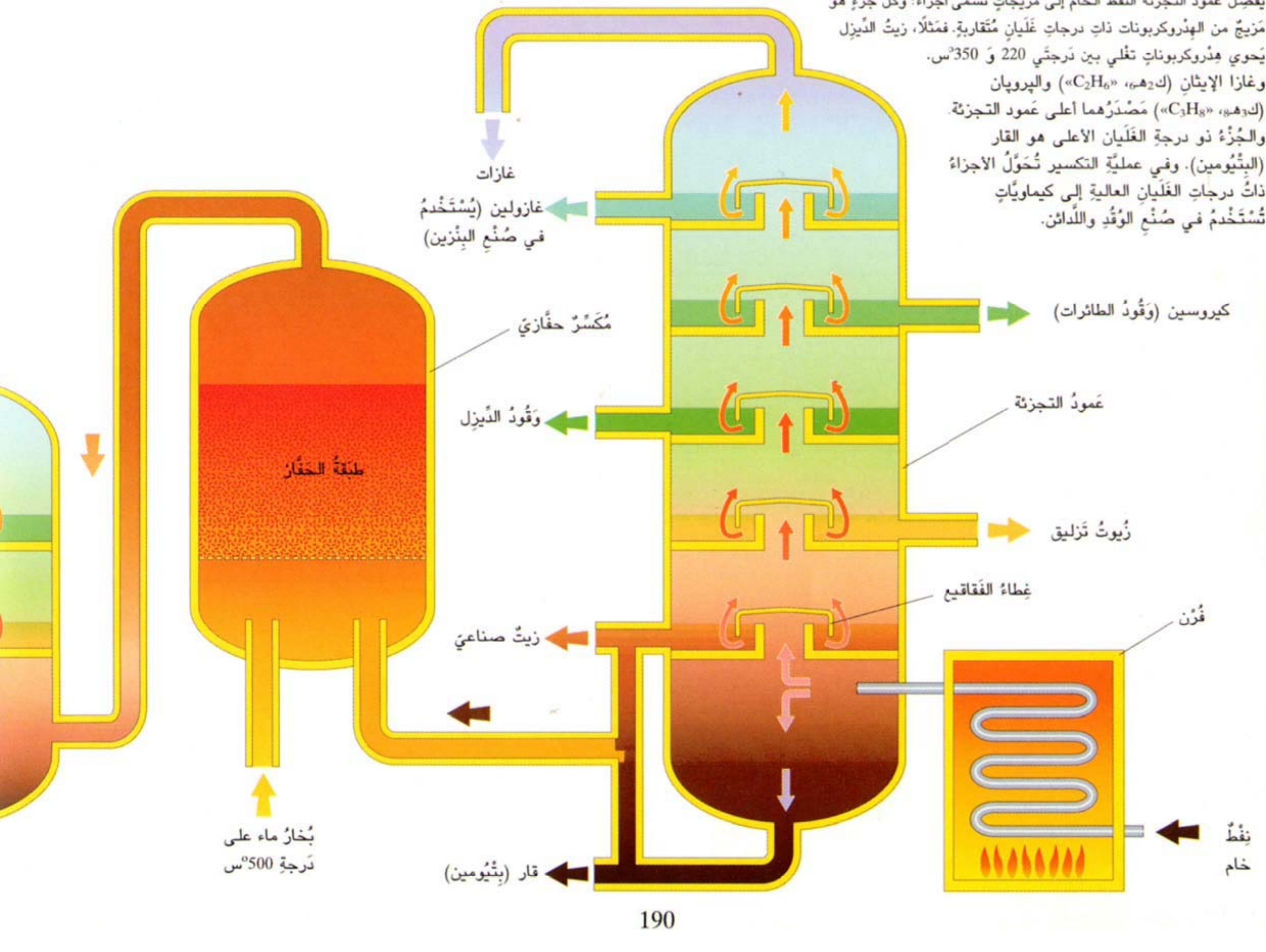
التقطيرُ التَّجْزيئيّ

المَرْحلةُ الأُولى في تكريرِ النِّفْط الخام هي التقطيرُ التَّجْزيئيّ؛ حيثُ يُسَخِّنُ فُرْنٌ النفطَ الخامَ إلى درجةِ حرارةٍ تتراوحُ بين 315 وَ 400°س. ثُمَّ يُمَرَّرُ النفطُ عَبْرَ عمودِ التجزئة، فيَتَبَخَّر مُعْظمُه ويَتَصاعدُ البُخارُ إلى جُزئه العُلْويّ. أمّا مَزيجُ الهِدْروكربوناتِ الذي لا يَتَبَخَّر والمُسَمَّى القار (البِتْيومين) فيَغوصُ إلى أسفَلِ عمودِ التجزئة.

عمودُ التجزئة أسْخَنُ في أسفَلِه منه في أعلاه؛ وهو مُجهَّزٌ بعددٍ من الصَّواني على دَرجاتِ حرارةٍ مُتفاوِتة تَحوي هِدْروكربوناتٍ سائلةً تَمُرُّ عَبْرَها الأبْخرةُ أثناءَ تصاعُدِها عَبْرَ العَمود. كُلُّ هِدْروكربونٍ يَتكثَّفُ سائلًا عندما يبلُغُ صِينيَّةً أبْرَدَ من دَرَجةِ غَلَيانِه. الجُزَيئاتُ الكبيرةُ ذاتُ دَرَجاتِ غَلَيانٍ عالية، تتَكاثَفُ في الصَّواني الأَخْفَض، أمَّا الجُزَيئاتُ الصغيرةُ ذاتُ دَرَجاتِ الغَلَيانِ الأخفض فتتكاثَفُ في الصَّواني الأعلى. والجُزَيئاتُ الأَخفُّ تَبْلُغُ أعلى العَمودِ غازيَّةً دُون أنْ تَتَكَثَّف.

فَصْلُ النِّفْط الخام إلى مُكَوِّناته العديدة

يَفْصِلُ عمودُ التجزئة النفطَ الخامَ إلى مَزيجاتٍ تُسَمَّى أجزاءً؛ وكُلُّ جُزْءٍ هو مَزيجٌ من الهِدْروكربونات ذاتِ درجاتِ غَلَيانٍ مُتَقاربةٍ. فمَثلًا، زيتُ الدِّيزِل يَحوي هِدْروكربوناتٍ تغْلي بين دَرجتَي 220 وَ 350°س. وغازا الإيثانِ (ك2هـ6، «C_2H_6») والپروپان (ك3هـ8، «C_3H_8») مَصْدَرُهما أعلى عَمود التجزئة. والجُزْءُ ذو درجةِ الغَلَيان الأعلى هو القار (البِتْيُومين). وفي عمليَّةِ التكسير تُحَوَّلُ الأجزاءُ ذاتُ درجاتِ الغَلَيانِ العاليةِ إلى كيماويَّاتٍ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الوُقُدِ واللَّدائن.



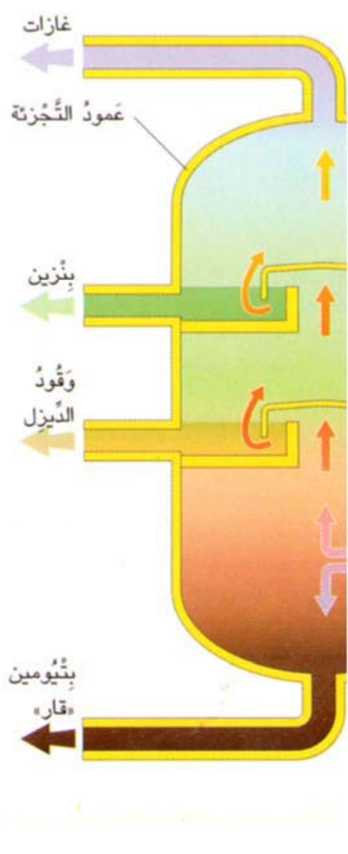


يَحْوي الدَّوْرَقُ إلى اليَسار نُفاياتٍ لَدائنيَّةً مُقَدَّدة. هذه النُّفاياتُ جَرى تَحْويلُها ضِمْنَ طَبَقةٍ من الرَّمْل، على دَرجةِ 400°س، إلى تَوليفَةٍ هِدْروكربونيَّةٍ يُمكِنُ أنْ تُكرَّرَ بالطريقةِ نَفْسِها كتَكْريرِ النِّفْط.

عَمليَّةُ التَّكْسير

هنالكَ طلَبٌ مُتَزايدٌ على الموادِّ المُجَمَّعةِ من القِسْم العُلْويّ في عمودِ التجزئة. هذه الموادُّ تَشْمَلُ البِنْزينَ والكيروسينَ وزيتَ الدِّيزل بالإضافةِ إلى البروپان والبيُوتان.

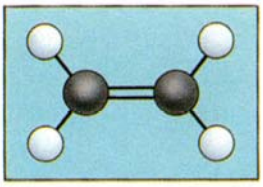
البِتْيومينُ مادّةٌ قيريَّةٌ تُسْتَخْدَمُ في تَصْميدِ السُّقوف وسُطوح الطرُق ضِدَّ الماء. لكِنَّ كمِّيّاتِ البِتْيومين المُنْتَجةَ تَفوقُ كمِّيَّتَه المُسْتَهلكة، لذا يُصارُ إلى فَلْقِ الفائضِ منه إلى جُزَيئاتٍ أصغَرَ في وَحْدةِ تَكْسير. في البدايةِ تَفْلِقُ الحرارةُ، بوُجود حفّاز، جُزَيئاتِ الهِدْروكربونات الكبيرة؛ ثُمَّ يَفْصِلُ عمودُ التجزئةِ المَزيجَ إلى وُقُدٍ وكمِّيَّةٍ أقلَّ من البتيُومين. وتُنْتِجُ عمليَّةُ التكْسيرِ أيضًا هِدْروكربوناتٍ أَلْكينيَّةً صغيرةً تَحوي ذرّاتِ كربون ثُنائيَّةَ الروابط. وتُسْتَخْدَمُ هذه الأَلْكينات في صُنْعِ اللَّدائن.



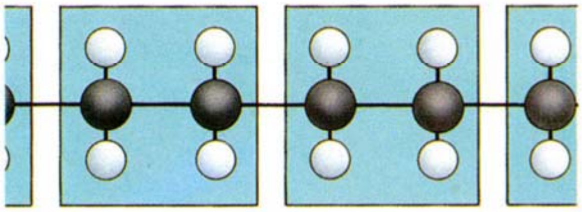
المُنْتَجاتُ النِّهائيَّة

الكثيرُ من مُنْتَجاتِ التَّقْطير التَّجْزيئيّ والتكْسير يُمكِنُ استِخْدامُها مُباشرةً بعدَ قليلٍ من التَّنْقيَةِ الإضافيَّة. غازا البروپان والبيُوتان يُمكِنُ تحويلُهما بالضَّغْط إلى سائلَيْن – يُسَوَّقان، كغازَيِ نِفْطٍ مُسَيَّلَيْن في أُسْطواناتٍ فولاذيَّةٍ، وَقودًا للسَّخّاناتِ النَّقولَة ومَواقدِ المُخَيَّمات.

البِنْزينُ والكيروسينُ وزيتُ الديزل تُرْسَلُ إلى مستودعاتِ تَخْزينٍ، ثُمَّ إلى مَحَطّاتِ البِنْزين والمَطارات والأماكنِ الأُخرى حيث يُحتاجُ إلى الوُقُد. وتُسْتَخْدَمُ بعضُ أنواعِ القارِ والزُّيوتِ اللزجةِ في مَراجِلِ السُّفن ومَحَطّاتِ توليد القُدْرة. ما كُلُّ البِتْروكيماويّاتِ المُسْتَخْلَصَةِ من النِّفطِ الخام تُسْتَخْدَمُ وُقُدًا؛ فالبعضُ منها يُسْتَخْدَمُ كزُيوتِ تَزْليقٍ، والكثير منها يُسْتَخْدَمُ كموادَّ أوَّليَّةٍ في عمليّاتٍ صِناعيَّةٍ أُخرى. هذه العَمليّاتُ تَسْتَخْدِمُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةَ لِتَحْويلِ البِتْروكيماويّاتِ الأساسيَّةِ إلى مُنْتَجاتٍ مُهِمَّةٍ كاللَّدائنِ والأسمِدَةِ والمُتفَجِّراتِ والأَلْيافِ الاصطناعيَّةِ والأَصْباغِ والمُنظِّفاتِ والعَقاقير. والمعروفُ أنّ أُلوفَ الكيماويّاتِ التي تَحوي الكربونَ تُسْتَخْدَمُ في المُخْتَبَراتِ وفي الصِّناعة.



ذرَّتا الكَربون في جُزَيء الإيثين (الإثيلين) تَرْتَبِطان برابطةٍ ثُنائيَّة. هذه الرابطةُ تَنفَتِحُ لِتضامَّ جُزَيئاتِ الإيثين (إلى اليَسار) معًا مُكَوِّنةً جُزَيئاتٍ سِلْسِليَّةً طَويلةً من البوليثين (أدناه).





◄ الأبْراجُ العديدةُ في مَعْمَلِ نَمونجيّ لتكرير النِّفْطِ هي في مُعْظَمِها أعمدةُ تَجْزئةٍ يزيدُ طولُ بعضِها على 30 مترًا. السُّحُبُ البَيْضاءُ هي بُخارُ ماءٍ جَرى استِخْدامُه في الكثيرِ من عمليّاتِ التكرير. مَضابطُ التحكُّم البيئيّ الدقيقةُ تمنَعُ الهِدْروكربوناتِ من الإفلاتِ إلى الجوّ كمُلَوِّثات.

أُنْظُر أيضًا

الكَربون ص 170
الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175
النِّفْطُ والتكرير ص 210
البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215
اللَّدائن ص 216
الخُضُب والأَصْباغ ص 219

حَقائِقُ وأَرقام

فروعُ الكيمياء

كيميائيُّو التحاليل يتقصَّون أنواعَ الموادِّ ونِسَبَها في العَيِّنات.

كيميائيُّو الأفلاك يَتعيَّنون الموادَّ المُتواجدة في النُّجوم وغَيْرِها من الأَجْسام في الفضاء.

كيميائيُّو الحيَويّات يَدْرسون المُركَّباتِ والتفاعُلاتِ الكيماويَّةَ في الكائناتِ الحيَّة.

كيميائيُّو الكهربائيّات يتقصَّون العَلاقةَ بين سَرَيان الكهرباء والتفاعُلاتِ الكيماويَّة.

كيميائيُّو البيئيّات يَدرسون تأثيرَ التغَيُّراتِ البيئيَّةِ الطبيعيَّةِ في الكائنات الحيَّة.

كيميائيُّو الجيولوجيّات يُحَلِّلون التركيبَ الكيماويَّ للأرض.

كيميائيُّو اللاّعُضْويّات يَدرسون كيمياءَ مُختلِف العناصِر ومُرَكَّباتِها، عدا تلك التي تتألَّفُ أساسًا من الكربون والهِدْروجين.

كيميائيُّو النَّوَويّات يتقصَّون التغَيُّراتِ التي تَحْدُث في نَوى الذرّات.

كيميائيُّو العُضْويّات يَدرسون الهِدْروكربوناتِ – مُرَكَّباتِ الكَربون والهِدْروجين – والمُرَكَّباتِ الأُخرى المُتعلِّقَةَ بها.

إخصائيُّو الكيمياء الضوئيَّة يتقصَّون العَلاقةَ بين الضوءِ والتفاعُلاتِ الكيماويَّة.

إخصائيُّو الكيمياء الفيزيائيَّة يَسْتَخدِمون مبادئَ الفيزياء لِتَعْليل مُلاحظاتِهم حولَ الموادِّ الكيماويَّةِ وتَفاعُلاتِها.

إخصائيُّو الكيمياء الإشعاعيَّة يدرسون النَّظائرَ المُشِعَّةَ للعناصِر الكيماويَّة.

العَناصِر

العناصِرُ موادُّ لا يُمكِنُ تَفْكيكُها، بالتفاعُلاتِ الكيماويَّةِ العاديَّة، إلى موادَّ أَبْسَط.

العُنْصُر مادَّةٌ تتألَّفُ من ذرّاتٍ تَحوي العددَ نَفْسَه من البروتونات. هنالك 90 عُنْصرًا تتواجَد طبيعيًّا و21 عُنْصرًا تُحَضَّرُ اصْطِناعيًّا.

16 من هذه العناصر لافلزِّية وَ5 فلزّانيَّةٌ (شَبيهةٌ بالفلزّات) وَ90 فلزِّيَّة. وفي الظروفِ العِياريَّةِ لدَرجةِ الحرارةِ والضغط، هنالك 11 عُنْصُرًا غازِيَّةٌ وَ98 جامِدة وعُنْصران فقط في حالة السيولة هما البروم والزِّئبق.

الذرَّةُ أصغَرُ جُزْءٍ من العُنْصر يُبْدي خَصائصَ ذلك العُنْصر. تتألَّفُ الذرَّةُ من إلكتروناتٍ تَدُومُ في مَداراتٍ حولَ النواة. تَضُمُّ **النواةُ** نَمَطيْنِ من النُّوَيّات: بروتونات وَنيوتْرونات. عددُ البروتوناتِ يُساوي عددَ الإلكترونات في ذَرَّةٍ مُتَعادِلَة.

العَددُ الذرّيُّ للعُنْصر يُساوي عددَ البروتونات في نَواتِه. وهذا العددُ يُسَمَّى أحيانًا العددَ البروتونيّ.

العَددُ الكُتْليُّ للعُنْصر هو مَجْموعُ عدد البروتونات والنيُوتْرونات في نواتِه. ذرَّةُ الحديد، مثلًا، تتألَّفُ من 26 بروتونًا وَ26 إلكترونًا وَ30 نيوتْرونًا؛ فالعددُ الذرِّيُّ للحديد = 26 والعَددُ الكُتْليُّ له = 56.

قوانينُ ومَبادِئُ كيميائيَّة

قانون أفوچادرو

في دَرجةِ الحرارةِ والضغطِ ذاتِهما، تَحوي الحُجومُ المُتَساويَةُ من الغازاتِ المُختلِفةِ العَددَ نفْسَه من الجُزَيْئات.

(أميديو أفوچادرو، 1811)

وَفْقًا لهذا القانون، فإنَّ مِتْرًا مُكعَّبًا من الهِدْروجين يَحوي نَفْسَ العدد من الجُزَيْئات كمِتْرٍ مُكعَّبٍ من ثاني أُكسيد الكربون.

قانونُ بَقاء الكُتْلة

خِلالَ تفاعُلٍ كيماويٍّ المادَّةُ لا تُخْلَقُ ولا تَفْنى.

(أنطوان لافوازييه، 1774)

وَفْقًا لهذا القانون، فإنَّ مُجْمَلَ كُتْلةِ المُنْتَجاتِ من تفاعُلٍ كيماويٍّ يُساوي مُجْمَلَ كُتْلةِ الموادِّ المُتَفاعِلة أصلًا.

قانونُ التركيب الثابت (أو النِّسَب الثابتة) كُلُّ مُرَكَّبٍ كيماويٍّ نَقِيٍّ يَحتوي العناصرَ نَفْسَها بِنِسَبٍ مُحدَّدةٍ ثابِتةٍ – مهما كانت طريقةُ صُنْعِه.

(جوزِف پروسْت، 1779) وَفْقًا لقانون پروسْت، فإنَّ ثاني أُكسيد الكربون في الزَّفير وثاني أُكسيد الكربون من عادِم سيّارةٍ كلاهما يتألَّفُ من جُزَيْئاتٍ مُثْلِة تَحوي ذَرَّةَ كربونٍ واحدةً وذرَّتَي أُكسجين.

مَبْدأ الرِّيبة لهايزنْبرغ يَسْتَحيلُ تَحديدُ موقِع الجُسَيْمِ وزَخْمِه (كمِّيَّة تحرُّكه) بدِقَّةٍ في الوقتِ نَفْسِه.

(فِرْنَر هايزِنْبرغ، 1927) كُلَّما تَزدادُ دِقَّةُ قياسِ موقعِ الجُسَيْمِ تُصبح مَعْرفةُ زَخْمه أقلَّ دِقَّةً، والعَكْسُ صَحيح. ويكونُ التأثيرُ مَلْحوظًا فقط للجُسَيْماتِ دُون الذرِّيَّة، كالإلكترونات والبروتونات.

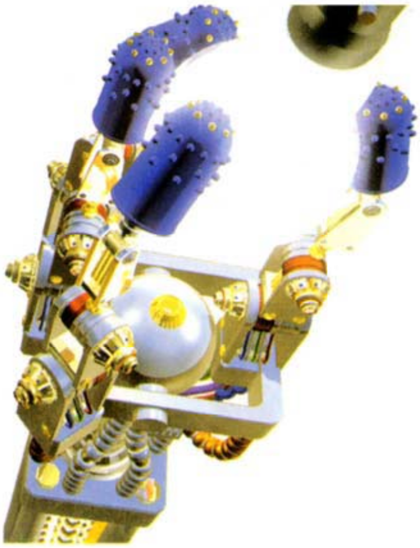
تَواريخُ رئيسيَّة

ق. م. (قبل الميلاد)

(ح) 450	لِيُوسيبُّوس الميلوتْسي يَقُول بِفِكرةِ الذرّات. وَإمپدُوكليس الأكراجي يَضَع مفهومَ العناصِر الأربعة – التراب والهواء والماء والنار.
430	ديمقْريطس الأبداري يُطوِّرُ فكرةَ الذرّات ويَرْتئي أنَّها تُعَلِّلُ خَصائصَ المادَّة.
340	الفيلسوفُ الإغريقيُّ أرسطو يَقول إنَّ كُلَّ الموادِّ هي تَوليفاتٌ من عناصِر إمپدوكليس الأربعة.

ب. م. (بعد الميلاد)

750	الخيميائيُّ العَرَبيّ جابر بن حيّان يصِفُ كيفيَّةَ تَحْضير الحوامض وأملاحِها.
1473	الخيميائيّون الأوروبيّون يتعرَّفون نَظريَّةَ ديمقْريطس للذرّات عَبْرَ نُسْخَتِها اللاّتينيَّة.
1597	الكيميائيُّ الألمانيّ أندرياس ليباڤيوس يؤلِّف «الكيمياء»، أوَّلَ كتابٍ مَدْرَسيٍّ مُهِمٍّ في الكيمياء.
1610	الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ جان بيچوان ينشُرُ أوَّلَ كتاب في الكيمياء، لا يَعْتَمِدُ الخيمياء.
1661	الكيميائيُّ والفيزيائيُّ الإرلَنديّ روبَرْت بُويْل يَنشُر مُؤلَّفه «الكيميائيّ المُشكِّك»، مُعالجًا مَفْهومَ العناصِر الكيماويَّة.
1766	الكيميائيُّ البريطانيّ هِنْري كاڤِنْدش يكتشِفُ الهِدْروجين ويُسَمِّيه «الهواءَ اللَّهُوب».
1777	الكيميائيُّ الفرَنْسيّ أنطوان لافوازييه يرتئي أنَّ الهواءَ يتألَّفُ من غازَيْن.
1781	الكيميائيُّ البريطانيّ الكهنوتيّ جوزف پريسْتلي يُحضِّرُ الماءَ بِحَرْقِ الهدروجين في الأُكسجين.
1803	الكيميائيُّ والفيزيائيُّ البريطانيّ جون دالْتون يَصوغُ النظريَّةَ الذرِّيَّة.
1807	الكيميائيُّ البريطانيّ هَمْفري ديڤي يَسْتَخْدِمُ البطّاريَّةَ الكهربائيَّةَ المكتَشَفةَ حديثًا ليَفْصِلَ عُنْصرَي الصوديُوم والپوتاسيُوم.
1811	الكيميائيُّ والفيزيائيُّ الإيطاليُّ أميدْيو أفوچادرو يَقْترِحُ أنَّ الحُجومَ المُتَساويةَ من غازاتٍ مُختلِفةٍ تَحوي عددًا مُتَساويًا من الجُزَيْئات.
1828	الكيميائيُّ الألمانيّ فردريخ ڤُهْلِر يُحَضِّرُ اليُورْيا، المُرَكَّبَ العُضْويَّ، من مُرَكَّب سِيانات الأمونيُوم اللاّعُضْويّ.
1833	الكيميائيُّ الفرَنْسيُّ أنسِلْمي پاين يكتشِفُ أنْزيمَ الدِّياستاز.
1856	الكيميائيُّ البريطانيّ وِلْيَم پيرْكِن يُحَضِّرُ أوَّلَ صِبْغٍ صُنْعيّ.
1869	الكيميائيُّ الرُّوسيُّ ديمتْري مَنْدِلْييف يَنْشُرُ أوَّلَ صيغةٍ للجَدْول الدَّوْريّ.
1893	الكيميائيُّ الألمانيّ فيلِكْس هوفْمان يُحَضِّر الأسپيرين.
1911	الفيزيائيُّ البريطانيّ إرنسْت رَذَرْفورد يكتشِفُ البروتون.
1913	الفيزيائيُّ الدانمركيُّ نيلْز بُور يَقْترِحُ نظريَّةً للتركيب الذرِّيّ على أساس المَداراتِ الإلكترونيَّة.
1926	الفيزيائيُّ النَّمْساويُّ إرْوين شرودينْغر يُطوِّرُ مُعادَلةً مَوجيَّةً للبِنْيةِ الذرِّيَّة.
1932	الفيزيائيُّ البريطانيّ جون كُوكْروفْت والفيزيائيُّ الإرلَنديُّ إرنسْت وَلْتون يَبْنيان أوَّلَ مُسارِعٍ جُسَيْميٍّ لِتَحْويلِ عُنْصرٍ إلى آخر.
1935	الكيميائيُّ الأمريكيُّ وَالاس كاروثَرْز يُحَضِّرُ النايلون، الپوليمَر الشهير، كأوَّل ألْيافٍ اصْطِناعيَّةٍ بالكامِل.
1938	الكيميائيُّ الألمانيّ أوتو هاهْن يَفْلِقُ ذرّاتِ اليُورانيوم.
1942	الفيزيائيُّ الأمريكيُّ الإيطاليُّ المَولد إنْريكو فِيرْمي يُنظِّمُ أوَّلَ تفاعُلٍ سِلْسِليٍّ نَوَويٍّ مُتحَكَّمٍ به.
1971	الشركةُ الأمريكيَّةُ دوپونْت تَبْدأُ إنتاجَ الكافْلار، المكثور (الپوليمَر) الأقوى من الفُولاذ.
1985	اكتِشافُ جُزَيْئات الكربون الكُرَويَّةِ الشَّكْل وتَسْميتُها فُولِّرينات.

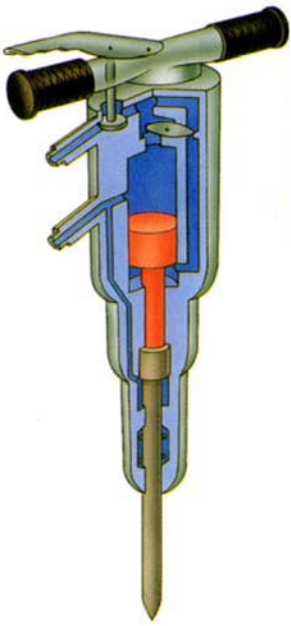






الفَصْلُ الخامِس

المَوادُّ والتِّقانات





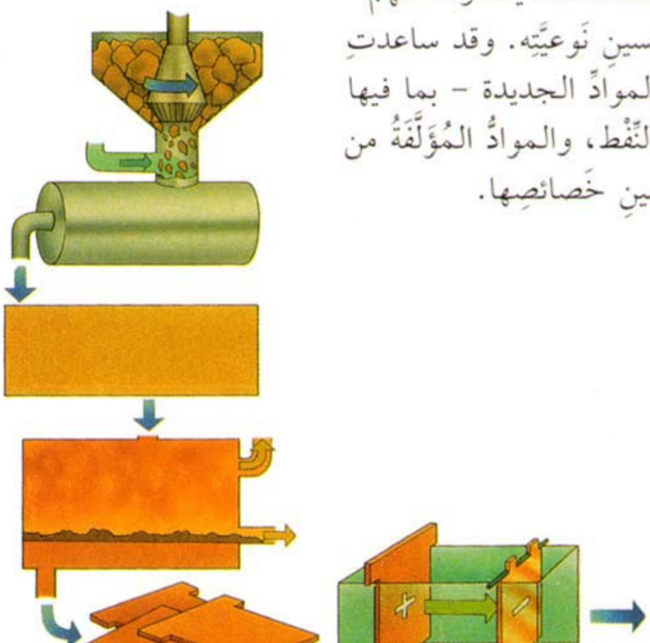
مُنذ بدأَ البَشرُ يَعُونَ العالَم من حَولهم، أخذوا يَدرسون مَظاهِرَ ومَلْمَس الأَجْسام والموادِّ التي يَلْتَقونها. ثُمَّ شرعوا تَدْريجيًّا، يَخْتبرون هذه المَوادَّ لِاكتِشافِ كيفيَّةِ استِخْدامِها. ومن خِلال ذلكَ تعَلّموا الكثيرَ عن خصائص الموادّ – خصائصَ كالوَزْنِ والمَتانةِ والقُدْرةِ على تَوصيلِ الحرارة وإمكانيَّة الاحتِراق إذا وُضِعت في النَّار.



الدِّراساتُ الحديثةُ للموادِّ تَستَخْدِمُ أدواتٍ حسَّاسةً وحواسيبَ وتِقاناتٍ مُتقَدِّمةً أُخرى لِقياسِ خصائصِ الموادّ واحتِسابها بتَفْصيلٍ دَقيق. علماءُ الموادِّ يَسْتَخْدِمون هذه المعارفَ لتطويرِ موادَّ جديدةٍ؛ والمُهَنْدسون يَستَخْدِمونها لِاختيارِ موادَّ أكثرَ ملاءَمةً لِتشييد المباني وبناءِ المَرْكباتِ والآليَّاتِ والأشياءِ الأُخرى.



التِّقاناتُ التكنولوجيَّة، المُختَصَّةُ بتصنيعِ الأَدواتِ والآليَّاتِ واستِخْدامِها لأَداءِ المُهِمَّاتِ، تَتَضافَرُ مع، وتُرافِقُ، تطويرَ الموادّ. فالتِّقاناتُ، يَحْدوها تَفَهُّمُ الموادِّ، تُساعِدُ في توسيعِ مَدى المُتاحِ منها وتَحْسينِ نَوعيَّتِه. وقد ساعدتِ التِّقاناتُ أيضًا في تَخْليقِ مَجموعاتٍ كاملَةٍ من الموادِّ الجديدة – بما فيها المَكْثورات (الپوليمَرات) واللَّدائنُ المُصَنَّعةُ من النِّفْط، والموادُّ المُؤَلَّفَةُ من موادَّ عديدةٍ مُختلِفةٍ مُترابطةٍ معًا لِتَحْسينِ خَصائصِها.





خَصائِصُ الجوامِد

الموادُّ كالصُّخور والخَشَبِ والمَطّاطِ والمَاسِ كُلُّها أَمثِلَةٌ على الجوامد. وتعتَمِدُ كيفيَّةُ استِخْدامِها على خَصائصِها الإفراديَّة.



سُلَّمُ مُوهْز مقياسٌ للصلادة عَشْريُّ المَدى يُرَتِّب المعادِنَ درجاتٍ حَسَبَ صلادتِها. الطَّلْقُ رقمُ صلادتِه 1، ويُمكِنُ خَدْشُه بالأَظافر.



المَاسُ، أصلَدُ المعادن المَعْروفة، رقمُ صلادتِه 10 على سُلَّم مُوهْز؛ وهو كربونٌ نَقِيٌّ بِلَّوريُّ التكوين.

الموادُّ الأُولى التي استَخْدمَها الناسُ كانت مِمّا نَما عِنْدَهُم أو تواجَدَ حَوالَيهم. فالصُّخورُ والحِجارةُ شُظِّيَت لِصُنْعِ رؤُوس الرِّماح والأَدواتِ البَسيطة. واستُخْدِمت الأَلْيافُ النباتيَّةُ في صُنْعِ الحِبالِ والأَوتارِ والخُيوط؛ واستُخْدِمت الخيوطُ بِدَوْرها في خِياطةِ المَلابس من جُلودِ الحيوانات وفِرائها.

وعلى مَدى قُرونٍ عديدة، اكتشفَ الناسُ موادَّ طبيعيَّةً جديدةً، وتعَرَّفوا طرائقَ لِصُنْع موادَّ جديدة. فمثلًا، اكتشفوا أَنَّ الطِّينَ يُمكِنُ تَصْليدُه بالحرارةِ لِصُنْعِ القُدورِ والأوعيَةِ وحاوياتِ التَّخزين الخَزَفيَّة.

الموادُّ التي تُستَخْدَمُ في صُنْعِ موادَّ أُخرى تُسَمَّى موادَّ أَوَّليَّةً أو خاماتٍ؛ وتُسَمَّى المُنْتَجاتُ من هذه المُعالَجات موادَّ مُصنَّعةً أو اصطِناعيَّة. فمثلًا، الطِّينُ مادَّةٌ أَوَّليَّةٌ يُمكِنُ تحويلُها إلى فَخّاريّات وخَزَفيّات مُصنَّعة. كذلك يُمكِنُ مُعالَجةُ الخَشَب للحُصولِ على موادَّ اصطِناعيَّةٍ كالوَرَقِ والكرتونِ والأنسِجَة. ومَعروفٌ مُنذ القِدَم أَنَّ الزُّجاجَ هو مادَّةٌ مُصَنَّعةٌ بإحماءِ الرَّمْلِ مع أملاحٍ وموادَّ أُخرى.

خَصائصُ الموادّ

تشمَلُ خصائصُ الموادِّ صلادَتَها ومَتانتَها ومُرُونَتَها (قابليَّتَها للثَّني). بعضُ الموادِّ حَروقٌ (قابِلٌ للاحتراق)، وبعضُها يَسْمَحُ بِسَرَيان الحرارةِ والكهرباء - وتُسَمَّى مُوَصِّلات. خصائصُ المادَّةِ تُحدِّدُ طرائقَ ومَجالاتِ استِخْدامِها.

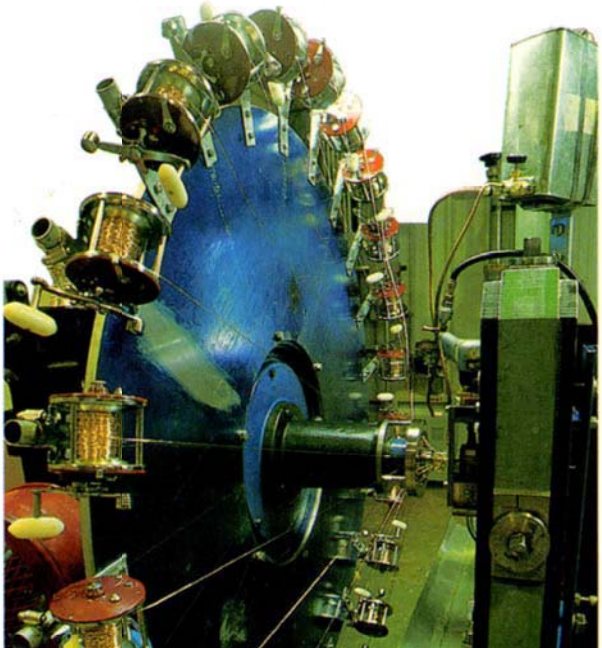
صَلادَةُ المادَّةِ هي قُدْرتُها على مُقاوَمةِ الخَدْشِ أو النَّقرِ



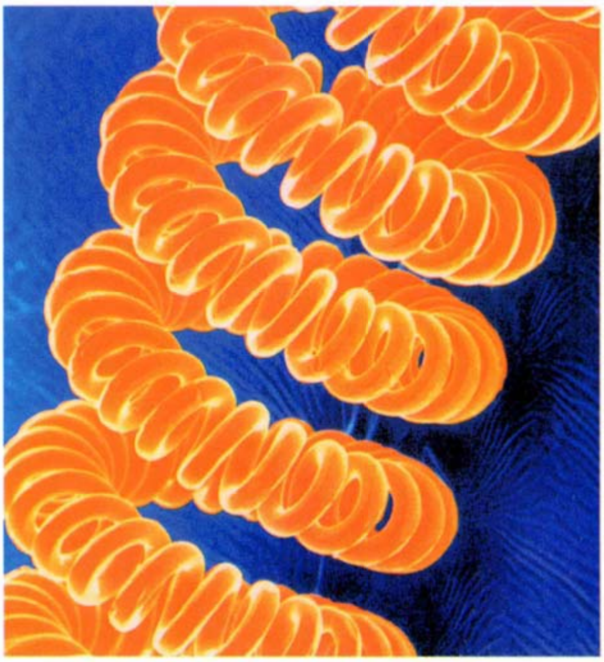
الموادُّ اللَّهوبةُ، كأوراقِ الشَّجر والأَخْشابِ الجافَّة، تَشْتَعِلُ بِسُهولة. ففي ظُروفِ الجَفافِ، يُمكِنُ أنْ يُحْدِثَ عُودُ ثِقابٍ أو عُقْبُ سيجارةٍ أو شرارةُ بَرْقٍ جحيمًا يَلْتَهم الأخْضَر واليابس. إنَّ حِراجًا كهٰذه، في السُّهوبِ وسُفوحِ الجبال بخاصَّةٍ، مُعَرَّضةٌ للحرائق - فيَنْبغي مُراقَبتُها دَومًا.



▲ سبائكُ اللِّحام تَنْصَهِرُ على دَرَجاتِ حرارةٍ أخفضَ من دَرَجاتِ انصهارِ مُعظم الفلِزّاتِ الشائعة. وهي تُستَخْدَمُ في وَصْلِ السُّطوحِ الفلِزيَّةِ معًا. فاللِّحامُ الصَّهيرُ الحارُّ يَنْسابُ بين السَّطْحَيْن المُراد وصلُهما وحولَ الفَجَواتِ فيهما. وعندما يَبْرُدُ، يَتصلَّبُ مُكَوِّنًا وُصْلَةً مَتينة.



◄ كثيرٌ من الفلِزّات يُمكِنُ سَحْبُها وفَتْلُها لِصُنْعِ أسلاكٍ ولَفائفَ لَولبيَّةٍ رَفيعة. النبيطةُ المُبيَّنةُ هنا تَلُفُّ أسلاكَ فلِزِّ النيوبيُوم مِلَفّاتٍ لاستِخْدامِها في المِغْنَطيساتِ الفائقةِ المُوَصِّليَّة.



▲ فَتيلةُ المِصْباحِ الكهربائيِّ هٰذه (مُكَبَّرة 68 مرَّةً) تُسَمَّى مَلَفًّا حلَزونيَّ التَّلَفُّف. يُصْنَعُ هذا النَّمَطُ من الفتائل بِثَنْيِ سِلْكٍ مُتَراصِّ التلَفُّف إلى مِلَفٍّ مُفَسَّحِ اللَّفات.



أو السَّحج. وتعتَمِدُ الصَّلادَةُ أساسًا على الشِّدَّةِ النوعيَّة لِترابُطِ ذَرَّاتِ المادَّةِ معًا.

عالِمُ المَعادن الألمانيّ فرِدْريخ مُوهْز (1773 – 1839) وَضعَ سُلَّمًا للصَّلادةِ مُستَخدِمًا عَشْرَ موادَّ طبيعيَّةٍ، منَ المعادنِ، أعطاها أرقامًا من 1 إلى 10 بتَرتيبٍ تدَرُّجيٍّ حسَب صلادتِها. فالماسُ أصلَدُ المعادن المَعْروفة رقمُ صلادَتِه 10؛ والطَّلْقُ، أَلْيَنُها وأيسَرُها تَفَتُّتًا، رَقْمُ صلادَتِه 1. ويُمكِنُ إعطاءُ الموادِّ الأُخرى قِيَمًا رقْميَّةً على سُلَّم مُوهْز بمُقارنَتِها مع صلادةِ المعادن التي تؤلِّفُه. فصَلادةُ ظُفْرٍ نموذَجيّ = 2,5، فيما صلادةُ الزُّجاج = 6.

الصلادةُ لا تُناظِرُ المَتانةَ بالضَّرورة. فقِطْعةُ المطَّاطِ قد تكونُ مَرونةً لَيِّنَةَ المَلْمَس، لكِنَّها بالِغَةُ المَتانة. المَطَّاطُ مثَلٌ على المَوادِّ المَرِنَة؛ التي تَسْتَعيدُ شَكْلَها الأصليَّ بعدَ مَطِّها. والموادُّ التي يُمكِنُ أن تَتَخِذَ أشكالًا مُختلِفةً ثابتةً توصَفُ باللَّدانة. والموادُّ التي تَمْتَطُّ بِيُسْرٍ وسُهولةٍ، دونَ أنْ تَتقَصَّفَ أو تنكَسِرَ، هي مَوادُّ مَطيلة.

عندما يَشْرَعُ المُصَمِّمونَ في وَضْعِ مُخطَّطِ تَصْنيعِ شَيْء، فإنَّ أحدَ أوَّلِ قَراراتِهِم هو اختيارُ الموادِّ التي سيَسْتَخْدمونَها. وبالإضافةِ إلى اختيارِ الموادِّ التي تَتمَتَّع بَتوليفَةٍ جيِّدةٍ من الصَّلادَةِ والمَرونيَّةِ وقابليَّةِ التشكيل، فإنَّ على المُصَمِّم أيضًا اختيارَ موادَّ صامِدةٍ لدَرجاتِ الحرارة القُصْوى والدُّنيا، ومُقاوِمَةٍ أيضًا للكيماويَّاتِ الأكَّالة. كذلك فإنَّ عامِلَ التَّكْلفةِ غالِبًا ما يُقَرِّرُ اختيارَ المادَّةِ التي يُمكِنُ استِخْدامُها من مدًى مُحَدَّدٍ من الخِيَاراتِ المُمكِنَة.





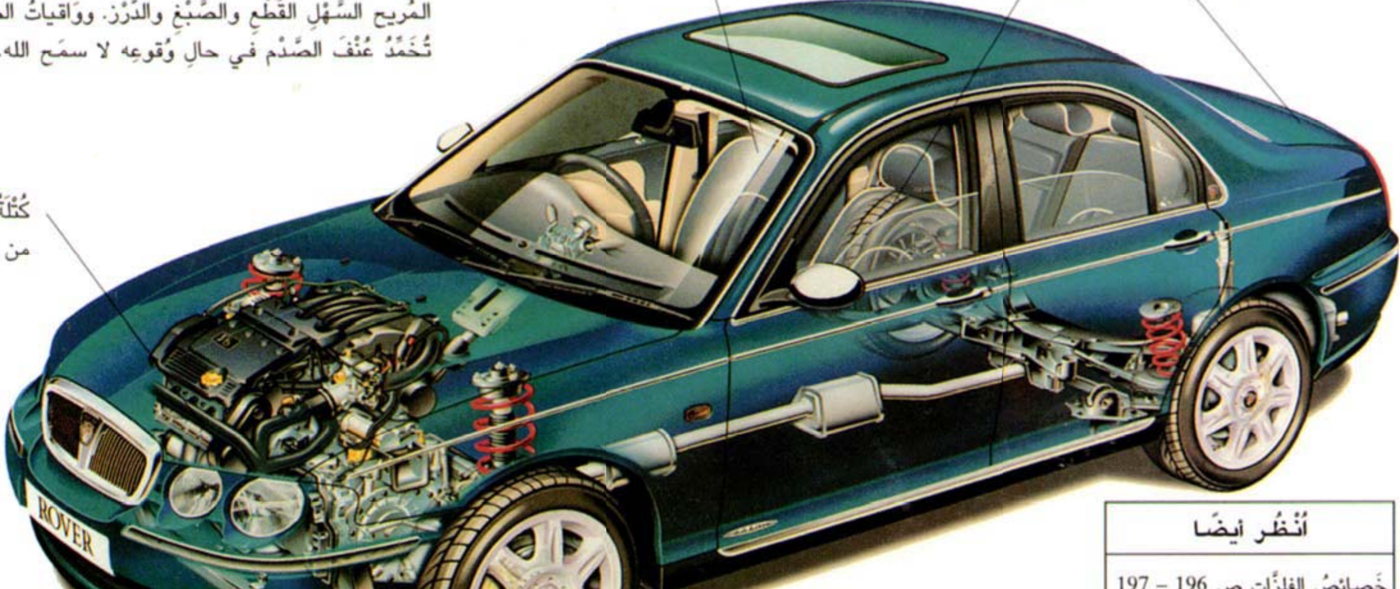
يُمكِنُ تَصْليدُ الطِّين بالحرارة. فالآجُرُ والأدواتُ الخَزَفيَّةُ يُمكِنُ تصليدُها بِشَيِّ المَصْنوعات الطينيَّةِ اللَّيِّنَةِ في قَمينٍ أو فُرنٍ خاصّ.



الخَشَبُ مادَّةٌ مألوفَةٌ خَفيفةٌ ومَتينةٌ، ويُمكِنُ تَصْنيعُها بنماذِجَ وأنماطٍ وقِطَعِ أثاثٍ مُتَعدِّدةِ الأشكال.

الموادُّ المُستَخْدمةُ في صُنْعِ سيَّارة

تُستَخْدَمُ ضُروبٌ مُنَوَّعةٌ من الموادِّ في صُنْعِ سيَّارَةٍ كهذه الرُّوفَر طِراز 1975. فالمُحَرِّكُ مَصْنوعٌ من سَبيكَةٍ فلِزِّيَّةٍ جيِّدةِ المُقاوِمةِ للحرارةِ والإجْهاد. وحاجِبُ الرِّيح مَصْنوعٌ من طَبَقاتٍ زُجاجيَّةٍ ولَدائنيَّةٍ لا تتشظَّى في حالِ الكَسْر فَتؤْذي الرُّكَّاب. وأغطيَةُ المَقاعِدِ مَصْنوعةٌ من الجِلْدِ المُريحِ السَّهْلِ القَطْعِ والصَّبْغِ والدَّرْز. ووَاقياتُ الصَّدْمِ الرَّغاويَّةُ اللَّدْنَةُ تُخَمِّدُ عُنْفَ الصَّدْمِ في حالِ وُقوعِه لا سمَح الله.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197
الزُّجاج ص 208، الخَزَفيَّات ص 209، المَطَّاط ص 214
البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215
اللَّدائن ص 216

خَصائصُ الفلِزَّات

الفلِزَّاتُ فئةٌ من العناصرِ الكيماويَّة المُشترِكَةِ في جُملةٍ من الخصائص تَجْعلُها موادَّ مُهِمَّةً في العالَم المُعاصِر.



يُمكِنُ تَشْكيلُ الفلِزَّات اشكالًا مُنوَّعةً، تَشْمَلُ الأنابيب.



تُستَخْدَمُ العوارِضُ الفُولاذيَّةُ في البِناءِ والمُنْشآت. الفُولاذُ سَبيكةٌ من الحَديد والكَرْبون وعناصرَ كيماويَّةٍ أُخرى.

مُعظمُ الفلِزَّاتِ جوامِدُ لَمَّاعةٌ صَلْدَةٌ على دَرجةِ حرارة الغُرفة. والكثيرُ منها مَطيلٌ بحَيْثُ يُمكِنُ سَحْبُه أنابيبَ أو أَسْلاكًا طويلة، وطَروقٌ أيضًا بحيثُ يُمكِنُ تَطْريقُه صفائحَ رقيقةً.

النُّحاسُ والذَّهَبُ والرَّصاصُ من بين أكثر الفلِزَّات قابليَّةً للتطريق. والذَّهَبُ أكثرُها طروقيَّةً إذْ يُمكِنُ تطريقُه صفائحَ لا تتجاوَزُ رِقَّتُها الميكرونَيْن (جُزْءَين من ألف من المليمتر). الفلِزَّاتُ إجمالًا سَهْلَةُ التشكيلِ مُحْماةً؛ ومُعظَمُ الفلِزَّاتِ يُمكِنُ تَسْييلُها بالإحماءِ إلى دَرجاتِ حرارةٍ عاليَةٍ جِدًّا. وحينئذٍ يُمكِنُ صَبُّ الفلِزِّ الصَّهير (السائل) في قَوالِبِ تشكيلٍ يَتَّخِذُ الفلِزُّ شَكْلَها عندما يَبْرُدُ ويَجْمُد.

الفلِزَّاتُ مُوَصِّلاتٌ جيِّدةٌ للحرارة والكَهْرباء؛ وذلك لأنَّ إلكتروناتِها تَتنَقَّلُ بحُرِّيَّةٍ أكثرَ كثيرًا من إلكتروناتِ اللّافلِزَّات. وهنالك عددٌ قليلٌ من الفلِزَّات، يَشْمَلُ الحديدَ والكوبَلْتَ والنيكل، يُمكِنُ مَغْنَطتُه لِيُصبحَ مِغْنَطيسًا دائمًا أو مُؤَقَّتًا.

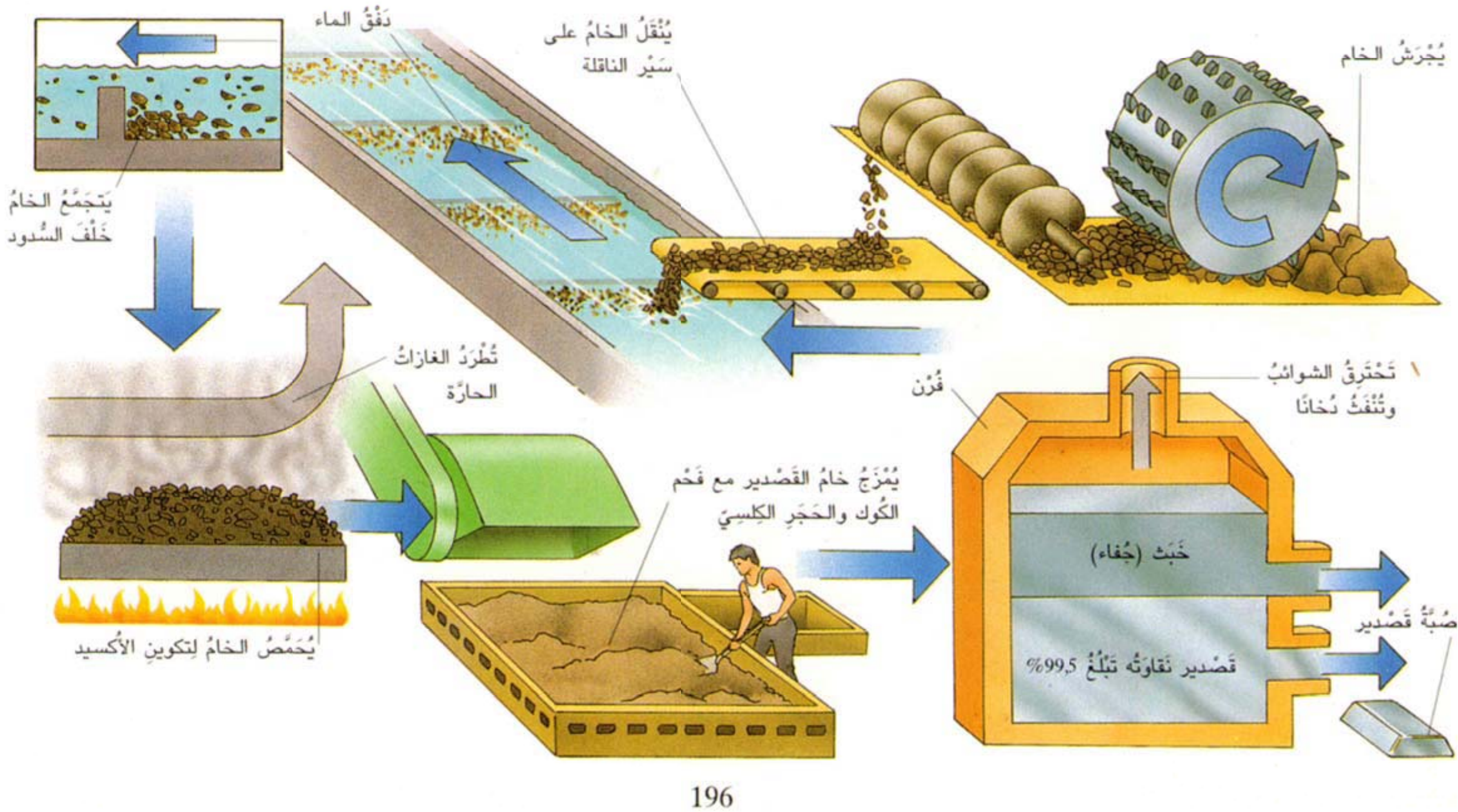
استِخْلاصُ الفلِزَّات

الفلِزَّاتُ الشائعةُ، كالحديدِ والقَصْدير، تتواجَدُ بكمِّيَّاتٍ كبيرةٍ في قِشْرةِ الأرض. وهي توجَدُ عادةً في الصُّخور كمُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ أَشْبَهَ تُسَمَّى خامات. هذه الخاماتُ تُنَقَّى وتُعالَجُ كيماويًّا بتِقاناتِ الاستِخْلاص للحصُول على الفلِزِّ النَّقيّ.

في المَرْحلة الأُولى من مُعظمِ عمليّاتِ الإستِخْلاص، يُعالَجُ الخامُ المُعَدَّنُ من المَنْجم، أو المُحْتَجِرُ من المَحْجَر، لِفَصْلِ الخامِ عن الصَّخْر الذي لا يَحوي الفلِزَّ المَطلوب. ويَتِمُّ هذا عادةً بِجَرْشِ الخامِ وغَسْلِه.



تُبْنَى الطائراتُ الحديثةُ، كطائرةِ الرُّكَّاب هذه، من فلِزَّاتٍ وسبائكَ خفيفةِ الوَزْن تُتيحُ للطائرة الإقلاعَ بِحُمولةٍ من الرُّكَّابِ والبضائعِ يَبْلُغ وَزْنُها حوالى 60 000 كغ.



يُستخْلَصُ القَصْديرُ من خاماتِه بتَحْميص الخام أوّلًا في الهواءِ لتكوينِ أُكسيد القَصْدير. ثُمَّ يُحْمَى هذا الأُكسيدُ مع فَحْم الكُوك والحَجَرِ الكلسيِّ للحُصولِ على القَصْدير.





وحين يُفْصَلُ الخامُ عن الشَّوائب، تُحَوِّلُه تفاعُلاتٌ كيماويَّةٌ إلى الفلِزِّ النَّقِيّ. فالحديدُ، مثلًا، يُصْنَعُ بإحماءِ خامِ أكسيد الحديد مع فَحْمِ الكُوك؛ وهذا يُحَوِّلُ الأُكسيد إلى فلِزٍّ نَقِيّ (بالإختِزال ص 178).

الفلِزّاتُ الثَّمينةُ، كالذَّهَبِ والپلاتين، فلِزّاتٌ نادِرة، وبالتالي مُرتفِعَةُ القيمة؛ وهي تَتواجَدُ في الطبيعةِ كَقُراراتٍ نَقِيَّةٍ تقريبًا.

الفلِزِّيّاتُ

الفلِزِّيّاتُ أو عِلْمُ الفلِزّاتِ هو دِراسةُ الفلِزّات وخَصائصِها وكيفيَّةِ استِخْلاصِها من خاماتِها الطبيعيَّة. والفلِزِّياتيُّون يَسْتَكْشِفونَ أيضًا كيفيَّةَ تَغْيير خصائص الفلِزّات بِمَزْجِها معًا لإنتاج سبائكَ أو أشاباتٍ ذاتِ خصائصَ مُتَميِّزة.

من المباحث البالِغَةِ الأهمِّيَّة في مَوضوعِ الفلِزِّيات دِراسةُ الكَلالِ الفلِزِّيّ – وهو الوَهَنُ التدريجيُّ الذي يَدِبُّ في المُصنَّعات الفلِزِّية بفِعْلِ الإجهادِ المُتكرِّر (من دَفْعٍ وشَدٍّ ولَيّ) المؤثِّر في المُقَوِّماتِ الفلِزِّيَّة. فيَتَعَرَّض الفلِزُ لإجهادٍ مُفْرِط، قد تَبْدو فيه شُقوقٌ سَطحيَّةٌ دقيقة. هذه الشُّقوقُ تَتعزَّزُ بأيِّ إجهاداتٍ إضافيَّة، وقد تُسَبِّبُ مَزيدًا من الشُّقوق أو تَعَمُّقًا فيها يُحدِثُ الكسْرَ والعطبَ أحيانًا.

والمهندسونَ بِحُكْمِ مسؤوليّاتهم يَحْسِبون حسابَ الكَلالِ الفلِزِّيِّ ويَحتاطونَ لتَفادي أضراره في تصاميمِهم للطائراتِ والسيّاراتِ والجُسورِ والآليّات. عِلْمًا أنَّ غالبيَّةَ هذه الأشياء تَظَلُّ تَخْضَعُ تكرارًا لِفُحوصِ الكَشْفِ المُبَكِّر عن أيِّ عَلاماتٍ لِلْكلالِ الفلِزِّيِّ في مُقَوِّماتِها.

تُعايَنُ الطائراتُ، كهٰذه البُوينغ 737، بانتِظام للكَشْفِ عن بوادر الكَلالِ الفلِزِّيّ. هذان الفَنِّيّان يَسْتَخْدِمانِ حُزَمًا من الألْيافِ البَصَريَّة لِتَصوير أيِّ تشَقُّقاتٍ دقيقةٍ في أجزاءِ الطائرة مِمّا يَتعَذَّرُ جِدًّا إبرازُه بالكاميرا العاديَّة.

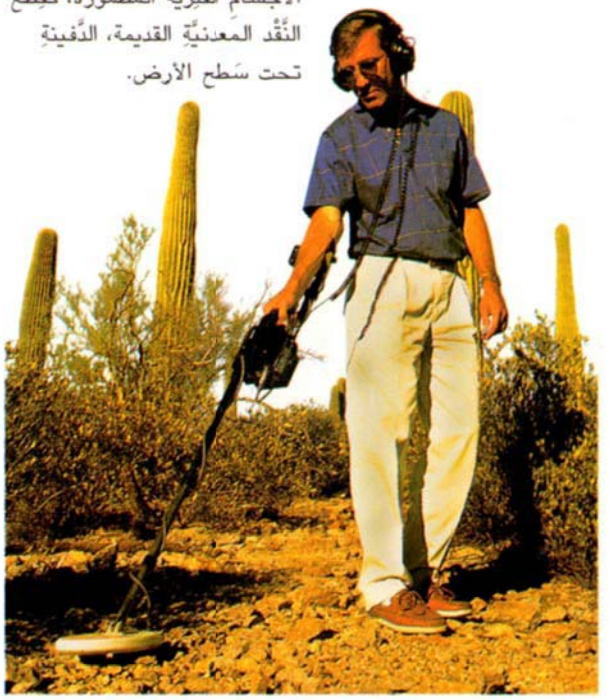


طَبَقةٌ رَقيقةٌ من القَصْدير تَمْنَعُ عُلَبَ الماكولات الفولاذيَّة المُصَفَّحَة بالقَصْدير من التَّعَرُّضِ للصَّدَأ.



فَتيلةُ المِصْباحِ الكهربائيّ تُصْنَعُ من فلِزِّ التّنْجِسْتِن.

كاشِفةُ الفلِزّات يُمكِنُها كَشْفُ الأجْسامِ الفلِزِّيَّة المَطْمورة، كقِطَعِ النَّقْدِ المَعدنيَّةِ القديمة، الدَّفينةِ تحت سَطحِ الأرض.





▲ عامِلُ الفولاذِ هذا واحدٌ من آلافِ العاملين في صِناعةِ استِخْلاصِ الفلِزّاتِ وتَنْقِيَتِها من خاماتِها الطبيعيَّة.

اُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170

الأكْسَدةُ والإخْتِزال (الأخْسَدة) ص 178

خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195

الحَديد ص 198، النُّحاس ص 199

السَّبائك (الأشابات) ص 202 – 203

الحديد

الحديدُ أحدُ أكثرِ الفلزّاتِ تَواجُدًا في قِشْرةِ الأرض. وقد استَخْدَمَهُ الإنسانُ مُنْذُ آلافِ السِّنين؛ ويتركَّزُ استِخْدامُه الأساسيُّ حاليًّا في صُنْعِ الفولاذ.



الهيماتَيْت هو أحدُ خاماتِ الحديد. وهو يُشكِّلُ عادةً كُتَلًا مُحْمَرَّةً كُلَويَّةَ الشَّكْل تُكسِبُ الخامَ تسمِيَتَهُ حجَر الدّم.

يُؤلِّفُ الحديدُ حوالَى 5 بالمئة من قِشْرةِ الأرض وحوالَى 35 بالمئة من كُتْلَةِ الأرض كَكُلّ – مُعْظمُه في لُبِّ الأرض.

الحَديدُ أرخَصُ الفلزّاتِ ثَمَنًا وأكثَرُها استعمالًا. يوجَدُ الحديدُ، في الحالةِ الطبيعيَّة، مُتَّحدًا مع الأُكسجينِ كخاماتِ أكاسيدِ الحديد التي أهمُّها الهيماتَيْت (حَجَرُ الدم ح2أ3 «Fe_2O_3») والمغنتَيْت (حَجر المغنَطيس ح3أ4 «Fe_3O_4»).

مُنْذُ القَرنِ الرابع عَشَر، استُخْدِمَتْ أفرانٌ ضَخْمةٌ تُسَمَّى أفرانَ السَّفْع (الأفرانَ العاليَة) لِتَحْويلِ خاماتِ الحديد، ممزوجَةً بفَحْمِ الكُوك، إلى حديدِ الزَّهْر (حديد الصَّبّ) الذي يَحوي كمِّيّاتٍ قليلةً من الكربون المُتبَقّي من عمليَّةِ الصَّهْر في الفُرنِ العالي. وقد استُخدِمَ حديدُ الزَّهْرِ في صُنْعِ الأدواتِ والأَسْلِحَة وأشياءَ عديدةٍ أُخرى.

ومُنْذُ عَقْدِ الخَمْسينيّاتِ من القَرْنِ التاسعَ عَشَر ابتدأ تَحْويلُ حديدِ الزَّهْر إلى فُولاذٍ يَتزايَدُ بكمِّيّاتٍ كبيرة. والمَعْروفُ أنَّ الفُولاذَ يَحوي كمِّيَّةً من الكربون أقلَّ منها في حَديد الزَّهْر، وهو أكثَرُ منه مَرونيَّةً (قابليَّةً للتَّثَنّي).

ويُصْنَعُ الفولاذُ بِسَفْعِ الهواءِ أو الأُكسجينِ في حديدِ الزَّهْرِ المَصهور.



الحدّادون يَستَخْدِمون نوعًا من الحديد يُسَمَّى الحديدَ المُطاوِع. وهذا النوعُ من الحديد يُمكِنُ تَطْريقُه وحَنْيُه بالشكل المَطلوب بعدَ تَلْيينِه في أَتُونٍ على درجةِ الحرارة الحَمراء بين 500 و 1000°س.

خصائصُ الحديد

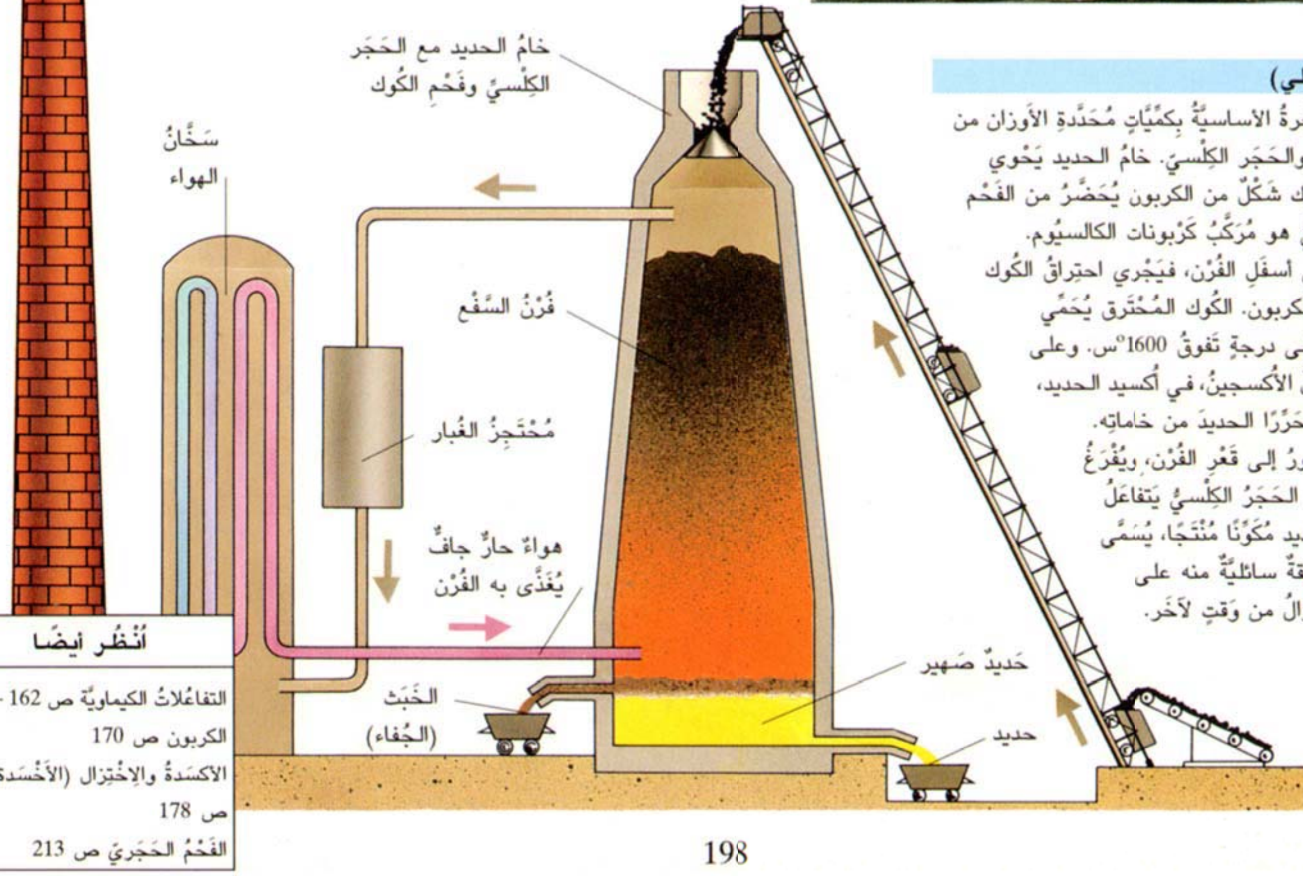
الحديدُ النَّقيُّ فلِزٌّ لَمّاع فِضِّيُّ البَياض؛ يَنْصهِرُ على درجة 1535°س، وهو مَطيلٌ وطَروق. وضُروبُ الحديد التي تَحْوي كمِّيّاتٍ ضئيلةً من الكربون، كالفُولاذ، أصلدُ من الحديدِ النَّقيّ. وهذه الصَّلادةُ تَجْعَلُ الفُولاذَ أصلَحَ من الحديدِ النَّقيِّ في كثيرٍ من الإستِخْدامات.

يُكَوِّنُ الحديدُ مُرَكَّباتٍ مع عناصِرَ كالكلُور والأُكسجين والكِبْريت.

إذا تعَرَّضَ الحديدُ غَيْرُ المَحْميِّ، بالطلاءِ أو القَصْدرَة، للهواءِ الرَّطْب فإنَّه يتأكّلُ مُكَوِّنًا أُكسيدًا قِشْريًّا بُنِّيًّا مُحمَرًّا هُوَ الصَّدأ.



▼ السفينةُ البُخاريَّةُ «جْريت إيستَرن» بُنِيَت من الصَّفائح الحديديَّة المُبَرْشَمَة وقد بلَغ طولُ هيكلها 211 مترًا. وكانَتْ من تَصْميم المُهَنْدِس البريطانيّ إيسامْبَرْد كِنْغدَم برُونل (1806 – 1859)، وقد أُنزِلَتْ إلى البَحْر عام 1858.



فُرْنُ السَّفْع (الفُرْن العالي)

في فُرْنِ السَّفْع، تُعَبَّأُ الحُجْرةُ الأساسيَّةُ بكمِّيّاتٍ مُحَدَّدةِ الأوزان من خامِ الحديدِ وفَحْمِ الكُوك والحَجَر الكِلْسيّ. خامُ الحديد يَحْوي أُكسيدَ الحديد، وفَحْمُ الكُوك شَكْلٌ من الكربون يُحَضَّرُ من الفَحْم الحَجَريّ، والحَجَرُ الكِلْسيُّ هو مُرَكَّبُ كَرْبونات الكالسيُوم.

يُسْفَعُ الهواءُ الحارُّ في أسفَلِ الفُرْن، فيَجْري احتِراقُ الكُوك جُزْئيًّا مُكَوِّنًا أوَّلَ أُكسيد الكربون. الكُوك المُحْتَرِق يُحَمّي مُحْتَوياتِ الفُرْنِ السُّفليَ إلى درجةٍ تَفوقُ 1600°س. وعلى درجةِ الحرارة هذه، يتَفاعَلُ الأُكسجينُ، في أُكسيد الحديد، مع أوَّلِ أُكسيد الكربون مُحَرِّرًا الحديدَ من خاماتِه.

يَنْسابُ الحديدُ المَصْهورُ إلى قَعْرِ الفُرْن، ويُفْرَغُ كُلَّ ثلاثٍ أو أربعِ ساعات. الحَجَرُ الكِلْسيُّ يَتفاعَلُ مع الشَّوائب في خامِ الحديد مُكَوِّنًا مُنْتَجًا، يُسَمَّى الخَبَثَ (الجُفاء)، تَطْفو طَبَقةٌ سائليَّةٌ منه على سَطح الحديد الصَّهير وتُزالُ من وَقتٍ لآخَر.

أُنْظُر أيضًا
التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الكربون ص 170
الأكسَدةُ والإختِزال (الأخْسَدة) ص 178
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213

النُّحاس

النُّحاسُ فلِزٌّ جامِدٌ لَيِّنٌ بُنِّيٌّ مُحْمَرُّ اللَّونِ يُستَخْدَمُ على نطاقٍ واسِعٍ منذُ العام 3000 ق.م لِمَرونيَّتِه، ومُنْذُ أواخِرِ القرنِ الثامنَ عشَر لِقُدرتِه على تَوصيلِ الكَهْرباء.



الملَكِيْت (كربونات النُّحاس القاعديَّة) أحدُ خاماتِ النُّحاس ذو نُطُقٍ خَضراءَ غامِقَةٍ لافِتَةٍ بِجَمالِها تجعَلُه رائجًا في صِناعةِ المُجَوهَرات.

في الطبيعة، يتواجَدُ النُّحاس كفلِزٍّ حُرٍّ، وكَمُركَّبٍ في خاماتٍ ومَعادِنَ تَحوي النُّحاس.

يَنْصَهِرُ النُّحاسُ النقيُّ على درجة 1083°س؛ وهذا يَجْعلُه سَهْلَ الصَّبِّ والتشكيل في قَوالِب. وهو أيضًا فلِزٌّ طَروقٌ جدًّا - مِمَّا يجعَلُه سَهْلَ التشكيل بالتطريق أيضًا. لذلك جَرى استِخْدامُ النُّحاسِ مُنْذُ القِدَم في صُنْعِ مدًى واسِعٍ من الأشياءِ بما فيها قِطَعُ النَّقْدِ المَعْدِنيَّةُ وأواني الطَّبْخِ والحُلِيّ.

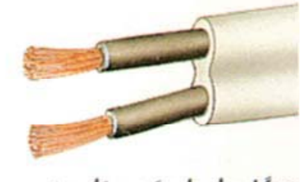
ورُغْمَ أنَّ النُّحاسَ النَّقِيَّ أَلْيَنُ مِمَّا تَتطلَّبُه استِخْداماتٌ مُتَعَدِّدة، فإنَّه يُكَوِّنُ سبائكَ (أُشاباتٍ) صَلْدةً مَتينةً، كالنُّحاس الأَصْفر والبرونز، عندَ مَزْجِه مع فِلِزَّاتٍ أُخرى. النُّحاسُ الأصفرُ سَبيكةٌ من النُّحاسِ والقَصْدير؛ والبرونزُ سَبيكةٌ من النُّحاسِ والخارصين (الزِّنْك).



هذا التمثالُ النُّحاسيُّ يُعتقَدُ أنَّه التمثالُ الفلِزِّيُّ الأقْدمُ في العالَم. وهو للفِرعون المِصْريِّ بِيبي الأوَّل الذي حكَمَ المَمْلَكةَ الفرعونيَّةَ القديمةَ بين عامَي 2289 و2244 ق. م.

كذلك فإنَّ مَرونيَّةَ النُّحاسِ والنُّحاسِ الأَصْفَر تجعَلُهُما مادَّتَيْن مِثاليَّتَيْن لِصُنْعِ أنابيبِ مَنْظوماتِ مَواسير السِّباكة في المَباني والبيوت.

يتفاعَلُ النُّحاسُ مع عناصِرَ أُخرى بِسُرعةٍ أقلَّ من سُرْعةِ تفاعُلِها مع الحديد. وهو يتأكَّلُ ويَبْلَى بِبُطءٍ في الهواءِ الرَّطْب. فمَع مُرورِ الزَّمَن، تَغْدو السُّقوفُ والتماثيلُ النُّحاسيَّةُ البُنِّيَّةُ المُحْمَرَّةُ مُغطَّاةً بالزِّنْجارِ الأَخْضرِ المُؤلَّفِ من كَرْبونات النُّحاس - المُتكَوِّنِ من تفاعُلِ النُّحاسِ مع الرُّطوبةِ وثاني أُكسيد الكَرْبون في الهواء.

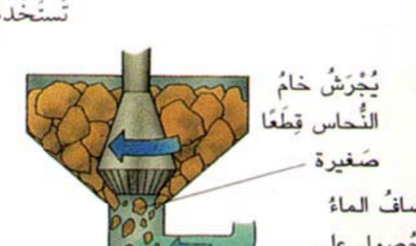


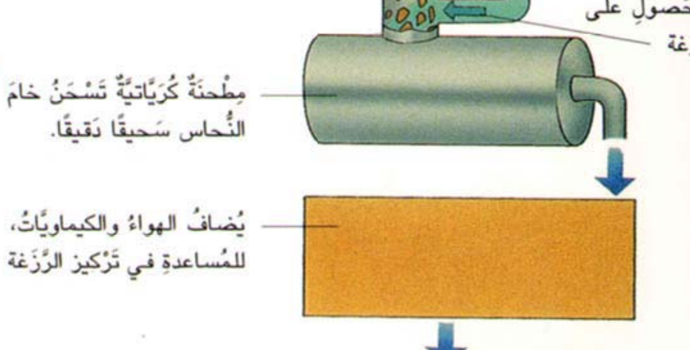
تَتألَّفُ الكُبولُ الكَهْربائيَّةُ غالبًا من جدائلِ أسلاكٍ نُحاسِيَّةٍ مَحْبوكةٍ معًا ومُغَلَّفةٍ بِغِمْدٍ لَدائنيٍّ عازِل.

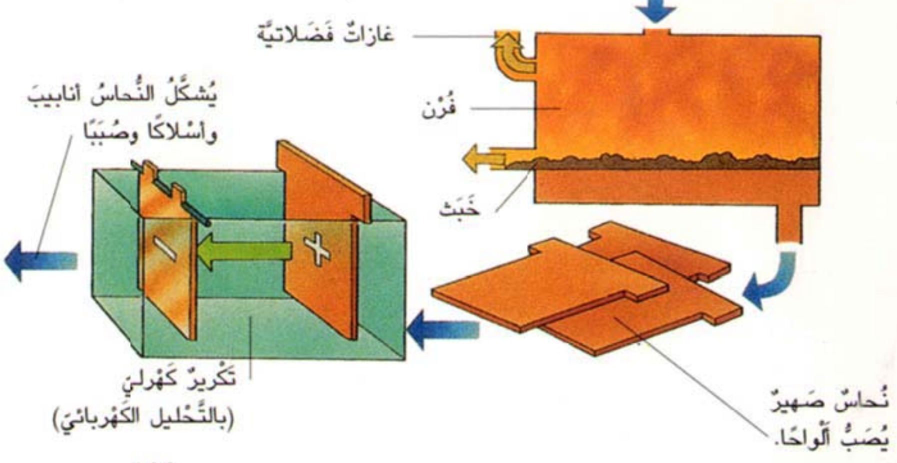
خَصائصُ النُّحاس واستِخْداماتُه

يُسْتَخْدَمُ النُّحاسُ على نِطاقٍ واسِعٍ في الصِّناعاتِ الكهربائيَّة لأنَّه مُوَصِّلٌ مُمتازٌ للكهرباء، ويُمكِنُ بَثْقُه وسَحْبُه أسْلاكًا رَفيعةً بِقُطْرٍ لا يتجاوزُ 0,025 ملم.

تُستَخْدَمُ الأَسْلاكُ النُّحاسيَّةُ في الدَّاراتِ الكَهْربائيَّةِ المَنْزِليَّةِ وفي كافَّةِ التوصيلات السِّلكيَّةِ داخِلَ الأَجْهزةِ الكَهْربائيَّة. والمِغْنَطيساتُ الكَهْربيَّةُ والمُوَلِّداتُ والمُحَرِّكاتُ تَتضَمَّنُ غالبًا مِلَفَّاتٍ من الأَسْلاكِ النُّحاسيَّة.







تَحْضيرُ النُّحاس

يُعدَّنُ خامُ النُّحاس ثُمَّ يُجْرَشُ حُبَيْبات. يُمْزَجُ الخامُ بالماءِ ثُمَّ يُسْحَنُ في مِطْحنةٍ كُرَيَّاتيَّة لِيُكَوِّنَ رَزَغةً من الجُسَيْماتِ الدقيقة. تُحمَّى الرَّزَغةُ في فُرْنٍ لِتُكَوِّن نُحاسًا خامِيًّا غَيْرَ مُهَذَّب. ثُمَّ يُنَقَّى النُّحاسُ الخامِيُّ هذا بطريقةِ الكَهْرلة (التحَلُّل بالكهرباء) إلى دَرجةِ نَقاوةٍ تَبْلُغُ 99,9 بالمئة. وتَشْمَلُ مَرْحلةُ المُعالَجةِ النهائيَّةِ صَهْرَ النُّحاسِ وسَكْبَه صُبَّاتٍ وقُضْبانًا وكَعكاتٍ ومُدَلْفَنات. المُدَلْفَناتُ هي كُتَلٌ نُحاسيَّةٌ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الأنابيبِ والمَواسير النُّحاسيَّة. الصورة الفوتوغرافيَّةُ أدناه تُبَيِّنُ ماسورةً نُحاسِيَّةً يَجْري ثَنْيُها عَبْرَ زاويةٍ قائمة.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الفلِزَّات ص 196 – 197
السَّبائك (الأُشابات) ص 202 – 203
الكيمياءُ الكَهْربيَّة ص 356

الألومنيوم

الألومنيومُ فلزٌ خفيفٌ مُوصِّلٌ جيِّدٌ للكَهرباء، وجَيِّدُ المُقاومةِ للتأكُّل. وهو، بعدَ الحديد، أكثرُ الفلزّات استِخْدامًا.



تُستَخْدَمُ سبائكُ الألومنيُوم في صُنْعِ أجْنِحَةِ الطائرات وهياكلِها. ولو كانت الطائراتُ تُصْنَعُ من الفُولاذ لَكانَتْ أثْقلَ بكَثيرٍ، ولَتَطلَّب تشغيلُها مُحرِّكاتٍ أقوى بِكَثير.

الألومنيُومُ أكثرُ الفلزّات وَفْرةً في قِشْرةِ الأرض. وهو يَتواجَدُ في عِدَّةِ أشكالٍ تَشْمَلُ الصَّلْصاليّات والزُّمُرُّديّات؛ ولا يوجَد كفلزٍّ نَقيٍّ مُطلقًا.

يُكرَّرُ الألومنيُوم من خام البوكْسَيْت (هيدروكسيد الألومينا) الذي يُحَوَّلُ إلى أُكسيد الألومنيُوم بالمُعالَجة مع قِلْيٍ قَويٍّ (أُنظُر ص 185). ثُمَّ يُحَلَّلُ الأُكسيدُ بطريقةِ الكَهْرلَة للحُصولِ على الفلزِّ النَّقيّ. ويُلاحَظُ أنَّ المَغْطِسَ الكَهْرليَّ يَغْدو حارًّا جدًّا أثناءَ مُرورِ التيّارِ الكهربائيِّ عَبْرَه.

إنَّ استِخْلاصَ الألومنيُوم بالكَهْرلَةِ يَتطَلَّبُ كمِّيّاتٍ ضَخْمةً من القُدْرةِ الكَهْربائيَّة مِمّا يَزيدُ في تكاليفِ هذا الاستِخْلاص. لذا، يُقامُ الكثيرُ من وَحَداتِ استِخْلاص الألومنيُوم على مَقْرُبةٍ من المَحطّاتِ الكَهْرمائيَّة - حيثُ القُدْرةُ الكهربائيَّةُ أرْخَصُ تكلِفةً.

خصائصُ الألومنيُوم

الألومنيُومُ فلزٌّ أبيضُ فِضِّيٌّ يَتفاعَلُ مع أُكسجين الهواء مُكَوِّنًا طبقةً من أُكسيد الألومنيُوم (الألومينا). هذه الطَّبَقةُ مُقاوِمةٌ للتأكُّلِ الكيماويِّ - فتَقي الفلزَّ من أيِّ تأكُّلٍ إضافيّ.

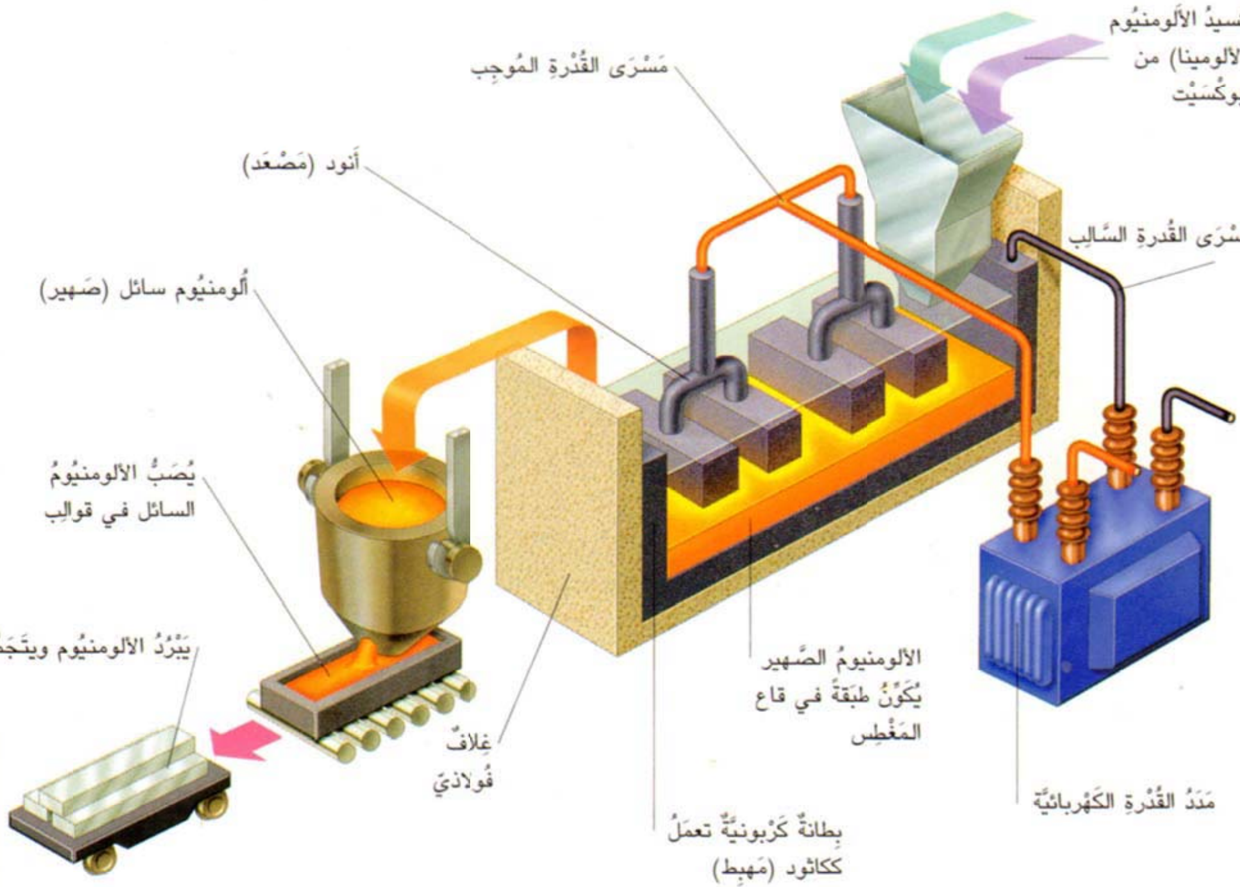


مُعْظَمُ عُلَبِ الأشْرِبَة اللاكحُوليَّة تُصْنَعُ من الألومنيُوم. إنَّ عمليَّةَ إعادةِ تَدْوير الألومنيُوم للاستِخدام مُجَدَّدًا لا تَستَهْلِكُ سوى 30% من الطاقةِ اللّازمة لإنتاجِ الألومنيُوم الجَديد من البوكْسَيْت.

الألومنيُومُ فلزٌّ خَفيف؛ فوَزْنُ كُتْلةٍ مُعيَّنةٍ من الألومنيوم أقَلُّ من ثُلْثِ وَزْنِ كُتْلةٍ مُماثِلةِ الحَجْم من الفُولاذ. وسَبائكُ الألومنيُوم مع فلزّاتٍ أُخرى هي غالِبًا قَويَّةٌ وخفيفةٌ، مِمّا يجعَلُها مِثاليَّةً للاستِخدامِ في بِناءِ الطائرات.

سِلْكُ الألومنيُوم، كسِلْكِ النُّحاس، مُوصِلٌ جيِّدٌ للكَهْرباء، لكِنَّه أقَلُّ وَزْنًا. لذا، يُستَخْدَمُ الألومنيومُ غالِبًا في كبُولِ القُدْرةِ المُعَلَّقة.

إنَّ مَرونَةَ الألومنيُوم ومُقاوَمَتَه للتأكُّل تَجْعلانِه مُلائمًا جِدًّا لِصُنْعِ عُلَبِ الأشْرِبة ورقائقِ الطَّبْخ الألومنيُوميَّة.



يُستَخْلَصُ الألومنيُوم من خام البوكْسَيْت. أُكسيد الألومنيُوم، من البوكسَيْت يُحَلَّلُ بالكَهْرلةِ إلى ألومنيُوم نَقِيٍّ وأُكسجين. وبِمُرور تيّارٍ كهربائيٍّ بين الإلكترودات الكربونيَّة، في دَرجةِ حرارةِ المَحْلول الكهرليِّ العالية، تَتجمَّعُ طَبَقةٌ من الألومنيُوم المُنْصَهِر في قَعْرِ المَغْطِسِ الكَهْرليّ.

أُنْظُر أيضًا

السَّبائك (الأشابات) ص 202 – 203
الكيمياءُ الكَهْربيَّة ص 356
الطاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458

الفلِزّاتُ الثَّمينة

الفلِزّاتُ الثَّمينةُ جذّابةٌ ونادِرةٌ وتُقدَّر عاليًا لِنَفاسَتِها. وهي تُستَخْدمُ في صُنْعِ المُجَوْهَراتِ والمِداليّات؛ لكِنْ لَها أيضًا مدًى واسِعٌ من الاستِخْداماتِ الصِّناعيَّة.



خِلافًا لِمُعظم الفلِزّات فإنَّ الذَّهبَ يتواجَدُ شَذراتٍ أو عروقًا نقيَّةً داخِلَ الصُّخور.



كانَ المُنَقِّبون عن الذَّهَب يُصَوِّلون تُرابَ وحَصى الجداول في مُنْخَفضاتِها بَحثًا عن حُبَيْباتٍ أو كِسْفاتٍ أو شَذراتِ الذَّهَب.



تتواجَدُ الفِضَّةُ عادةً مُتَّحِدةً مع موادَّ أُخرى كخَامات.

الفِلزّاتُ الثَّمينةُ تُقَدَّرُ عاليًا لِنفاسَتِها ونُدْرتِها وغلاءِ أسعارها. من أشْهَرِها الذَّهَبُ والفِضَّةُ والبلاتين، ومن أبرزِ خصائصِها أنّها تكادُ لا تتفاعَلُ مُطلَقًا مع الكيماويّاتِ الأُخرى.

الذَّهَبُ والفِضَّة

لقد استُخدِمَ الذَّهَبُ والفِضَّةُ كعُملاتٍ مُتَداوَلةٍ ومُجَوهَراتٍ وحُليٍّ وزخارفَ مُنذُ آلافِ السِّنين. فالفِلِزّان يتميّزانِ بجاذبيَّةٍ جماليَّةٍ وسُهولةِ تشكيلٍ ومُقاومةٍ لِخُبُوِّ اللمعةِ بالهواءِ والماء.

الذَّهَبُ هو أحدُ الفلِزّاتِ الأقَلِّ تَفاعليَّة. فهو لا يَذوبُ إلّا في توليفةٍ مُرَكَّزةٍ من حامِضَي الهَيْدروكلوريك والنَّيْتريك مُكوِّنًا أملاحًا.

الذَّهَبُ النقيُّ بالغُ اللُّيونةِ، لذا يُمْزَجُ غالبًا مع الفِضَّةِ أو النُّحاس لِيُصَلَّد. تُقاسُ نَقاوةُ الذَّهَبِ بالقيراط؛ فالذَّهَبُ من عيار 18 قيراطًا نَقاوته 75 بالمئة فيما نَقاوةُ الذَّهَب من عيار 24 قيراطًا 100 بالمئة.

الفِضَّةُ أفضَلُ مُوَصِّلٍ للحرارة والكهرباء بين كافَّةِ الفلِزّات؛ لِذا تُسْتَخْدَمُ في العَديدِ من ألواحِ الدّاراتِ الإلكترونيَّة. قُرابةُ 40 بالمئة من ناتِجِ الفِضَّةِ في العالم يُستَخْدمُ لأغراضِ التَّصوير الفوتوغرافيّ. فمُرَكَّباتُ الفِضَّة، المُسمَّاةُ هاليدات، تُستَخْدمُ في صُنع المُستَحْلَبِ الحسّاسِ للضوء الذي تُغَشَّى به أفلامُ التصوير الفوتوغرافيّ. كذلك تُستَخْدمُ الفِضَّةُ في طِلاءِ المَرايا وفي صُنْعِ المُعَدّاتِ الجِراحيَّة.

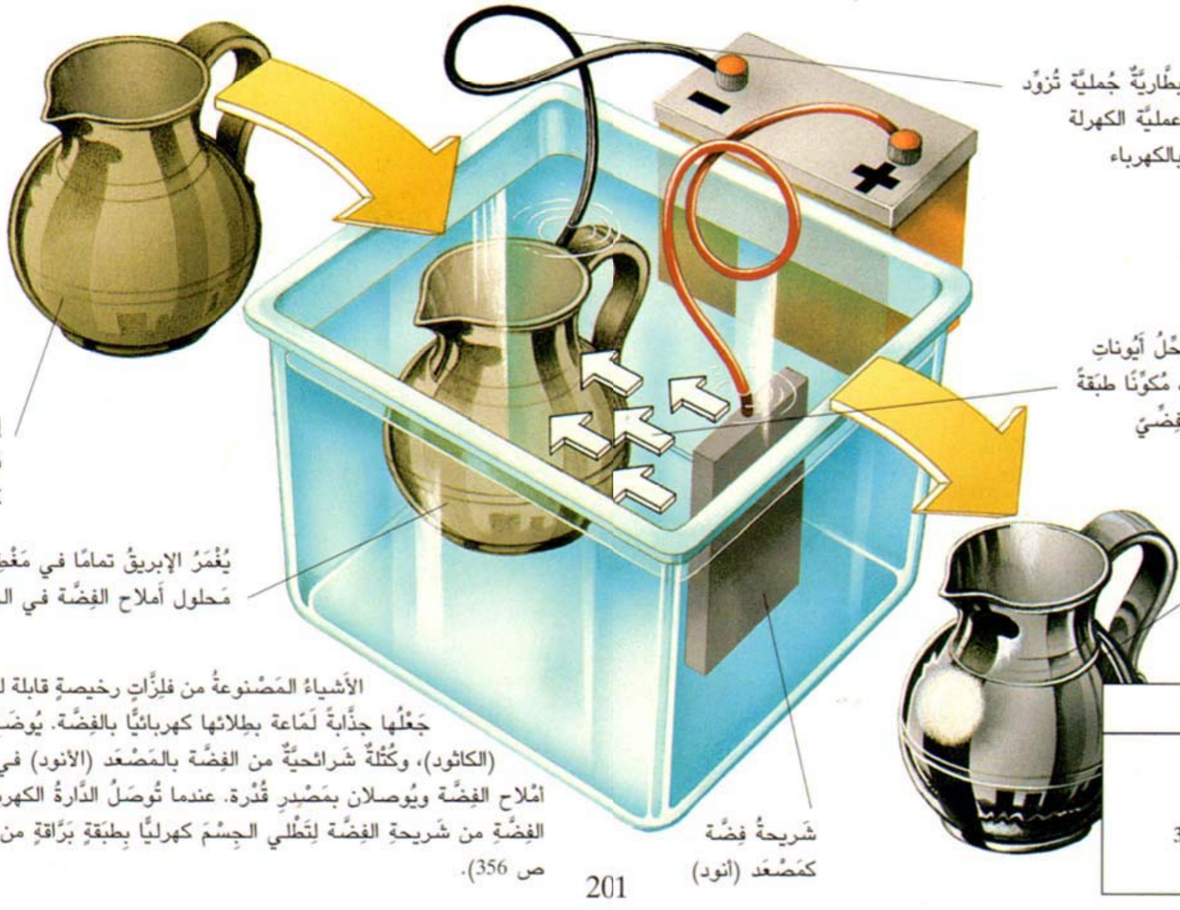


قُرابة نصف الذّهب في العالم تملِكه الحكومات كاحتياطٍ ماليّ. ويُخْزَن هذا الذهبُ عادةً على شَكلِ مَسبوكاتٍ أو صُبّاتٍ مِعياريّةِ الحجم والوزن.

البلاتين

البلاتين مُوَصِّلٌ مُمتازٌ للكهرباء. وبِسَبب قُدْرتِه على مُقاوَمةِ التَّآكُلِ والحرارةِ فإنَّه يُستَخْدَمُ في تَمْديداتِ الدّاراتِ الكهربائيَّةِ العاليةِ النَّوعيَّة وفي صُنْعِ المُعَدّاتِ المِخْبريَّةِ الصامِدَةِ للحرارة.

ويُستَخْدمُ البلاتينُ أيضًا في صناعةِ المُجَوهرات وفي المُحَوِّلاتِ الحفّازة التي تُساعِدُ في تَنْقِيَةِ غازاتِ عوادِمِ المَرْكبات.



الأشياءُ المَصْنوعةُ من فلزّاتٍ رخيصةٍ قابلة للصَّدأ كالحديد يُمكِنُ جَعْلُها جذّابةً لَمّاعة بطِلائها كهربائيًّا بالفِضَّة. يُوضَعُ الجِسْمُ بالمَهْبِط (الكاثود)، وكُتْلةٌ شَرائحيَّةٌ من الفِضَّة بالمَصْعَد (الأنود) في مَحْلولٍ من أحدِ أمْلاحِ الفِضَّة ويُوصلان بمَصْدرِ قُدْرة. عندما تُوصَلُ الدّارةُ الكهربائيَّةُ، تَرْتَحِلُ أيوناتُ الفِضَّة من شَريحةِ الفِضَّة لِتَطْلي الجِسْمَ كهرليًّا بِطبقةٍ بَرّاقةٍ من ذرّاتِ الفِضَّة (أنظر ص 356).

أُنْظُر أيضًا

السَّبائك (الأُشابات)

السَّبائكُ خلائطُ (ج. خليط) من الفلِزَّاتِ مع فلِزَّاتٍ وبعضِ اللّافلِزَّات الأُخرى. وغالِبًا ما تتفوَّقُ خصائصُ السَّبائك على خصائصِ مُقَوِّماتِها.



هذه الخُوذةُ والدِّرْعُ والسَّيْفُ من عَهْد الكِلْتيِّين عُمرها حوالى 2000 سنة، وهي مَصْنوعةٌ من البرونْز - سَبيكة النُّحاس والقَصْدير.



آلاتُ النَّفْخ الموسيقيَّةُ النُّحاسيَّةُ، كهذا البُوق، مَصْنوعةٌ من سَبيكةِ النُّحاسِ والخارصين (الزِّنْك).

مُعْظمُ السَّبائك خلائط من فلِزَّيْن أو أكثر. وبَعْضُها خلائطُ فلِزِّيَّةٌ مع كمِّيَّاتٍ ضَئيلةٍ من عناصرَ أُخرى، كالكربون. وهي شَبيهةٌ بالفلِزَّاتِ في نواحٍ عديدة: فهي بَرَّاقةٌ أو لَمَّاعةٌ كما أنَّها مُوَصِّلاتٌ جيِّدةٌ للحرارةِ والكهرباء.

القَصدُ من السَّبائك هو عادةً الحِفاظُ على خصائصِ الفلِزِّ الجيِّدةِ ونَبْذُ خصائصه السَّيِّئة. وقد تحَقَّقَ ذلك بتَصْنيعِ البرونْز - أوَّلِ السَّبائك منذُ أكثرَ من 6000 سنة.

البرونْزُ سَبيكةٌ من النُّحاس والقَصْدير. وهو، كالنُّحاس، طَروقٌ يُمكِنُ تشكيلُه حسَب الطَّلب. وقد تَبيَّن، منْذُ القِدَم، أنَّ البرونزَ أكثرُ صلادةً من النُّحاسِ النَّقيّ ومنَ القَصْدير النَّقيّ كلَيهما، مِمَّا جعَلَه أكثرَ مُلاءَمةً لِصُنْع الدُّروع والأسلِحَةِ والأدوات. ولا يزالُ البرونْزُ يُستَخْدمُ في صُنْع الآليَّات القَويَّة الاحتِمال.

حاليًا، تُصَنَّعُ سبائكُ مُختلِفةٌ عديدةٌ لأغراضٍ مُعيَّنة. بعضُها مُصَمَّمٌ لِاحتِمالِ دَرجاتِ الحرارة القُصوى أو لِمُقاومةِ الكيماويَّاتِ القويَّة؛ وبعضُها الآخرُ يُصَنَّعُ لِيكونَ خفيفًا لكِنْ قويًّا ومَتينًا. وأكثرُ السبائكِ استِخْدامًا بقَدْرٍ كثيرٍ وعلى نِطاقٍ واسِعٍ هو الفُولاذ.

أَنواعُ الفُولاذ

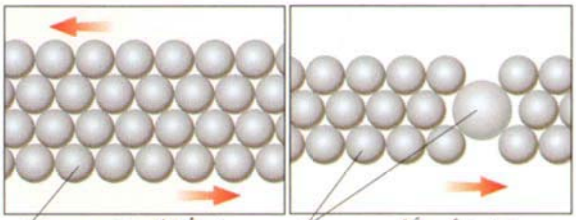
هنالك أنواعٌ عديدةٌ من الفولاذ، كُلُّها سبائكُ من الحديد والكربون؛ وبعضُها يَحْوي أيضًا عناصِرَ أُخرى.

أكثرُ من 90 بالمئة من كافَّةِ الفُولاذ المُصَنَّعِ في العالَم هو شَكْلٌ من الفولاذِ الكربونيِّ، الذي يَحْوي، مع الحديد، كمِّيَّاتٍ من الكربون مع مقاديرَ ضئيلةٍ من المَنْغَنيز والسِّليكون والنُّحاس. الفولاذُ الكربونيُّ على أنواعه يُسْتَخْدمُ في صُنْعِ ضُروبٍ مُنَوَّعةٍ من الأشياء بما فيها النَّوابضُ وهياكِلُ السَّيَّارات وعَوارِضُ البِناء.

الفولاذُ السَّبائكيُّ على أنواعِه وفولاذُ الأدواتِ يَحْويان كمِّيَّاتٍ من المَنْغَنيز والسِّليكون والنُّحاس أكثرَ من الفولاذِ الكربوني؛ كما يَحْويان أيضًا عناصِرَ فلِزِّيَّةً كالموليبْدنُوم والتَّنْجِسْتن والفاناديُوم. الفولاذُ السبائكيُّ يُستَخْدمُ حيثُ يُحتاجُ إلى موادَّ صَلْدةٍ عَصيَّةٍ على البِلَى والتَّآكُل، كما في تُروس نَقْلِ الحَرَكة في الشَّاحنات وفي العُدَدِ المَكَنيَّة. إنَّ مثلَ هذا النَّوع من الفُولاذ هو أغلَى ثَمَنًا من الفُولاذ الكربونيِّ بسَببِ التَّكْلِفة الأَعلى لِمُكَوِّناتِه.

أنواعُ الفُولاذِ العاليةُ المَتانةِ والأخفَضُ ثَمنًا هي طائفةٌ مُسْتَجِدَّةٌ من الفولاذ أقوى من أنواع الفولاذِ الكَربونيِّ العاديَّة وأرخَصُ تكلِفةَ إنتاجٍ من أنواع الفولاذِ السَّبائكيّ. ذلك لأنَّها تَحْوي كمِّيَّاتٍ أقلَّ من العناصرِ الغاليةِ الثَّمَن كالفاناديُوم. وهذه الأنواعُ المُسْتَجِدَّةُ من الفولاذ تُسْتَخْدَمُ بَديلًا جيِّدًا واقتِصاديًّا لأَنواعِ الفولاذِ الكربونيّ.

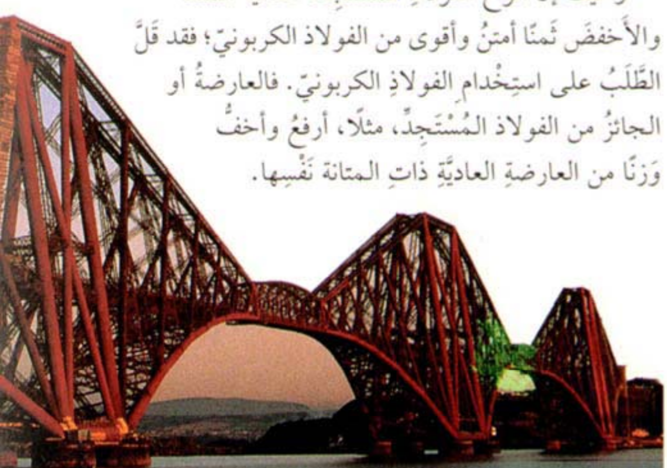
وحيثُ إنَّ أنواعَ الفولاذِ المُستجِدَّةَ العاليةَ المتانة والأخفَضَ ثَمنًا أمتنُ وأقوى من الفولاذ الكربونيّ؛ فقد قَلَّ الطَّلَبُ على استِخْدامِ الفولاذِ الكربونيّ. فالعارضةُ أو الجائزُ من الفولاذ المُسْتَجِدّ، مثلًا، أرفعُ وأخفُّ وَزنًا من العارضةِ العاديَّةِ ذاتِ المتانة نَفْسِها.

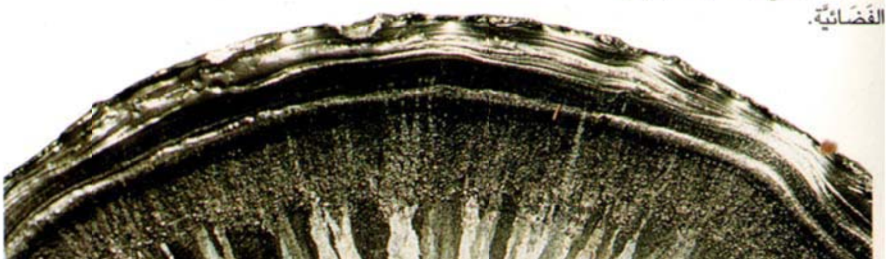


السَّبيكةُ تتألَّفُ من أنواعٍ مُختلِفةٍ من الذرَّات

الفلِزُّ النَّقِيُّ يَحوي نوعًا واحدًا من الذرَّات

الفلِزَّاتُ النَّقِيَّةُ لَيِّنةٌ لأنَّ بإمكانِ ذرَّاتِها الإنزلاق بعضُها عَبْرَ بعضِها الآخرِ بسُهولة. لكِنَّ ذرَّاتِ السَّبيكةِ المُتبايِنةَ الحَجْمِ تُقاوِمُ هذه الحَرَكةَ فتَجْعلُ السَّبيكةَ أصْلَدَ.

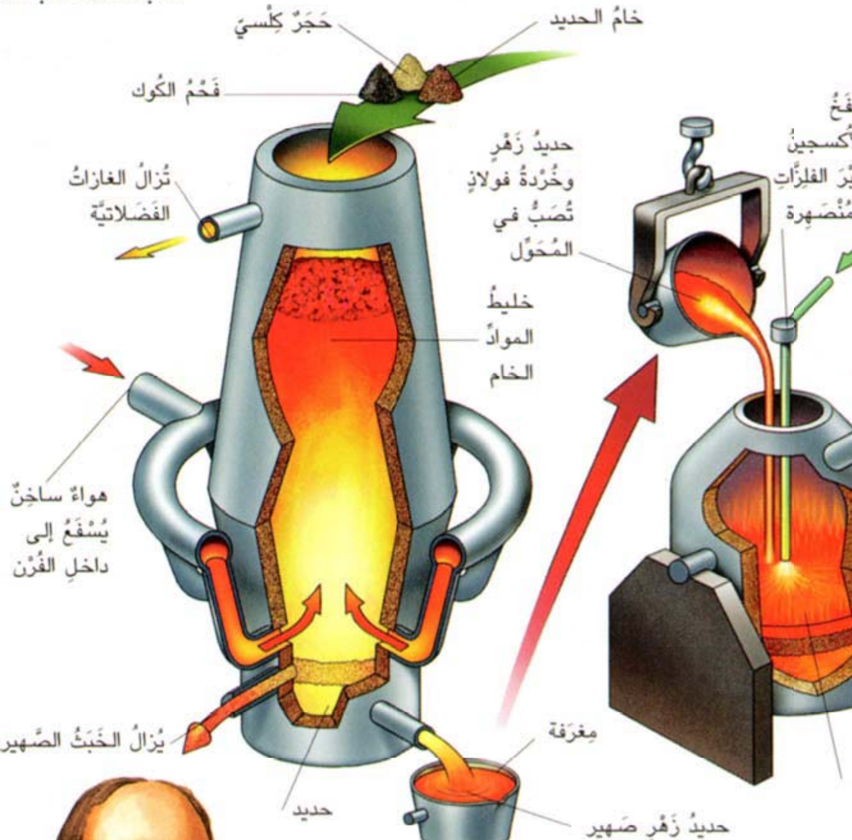


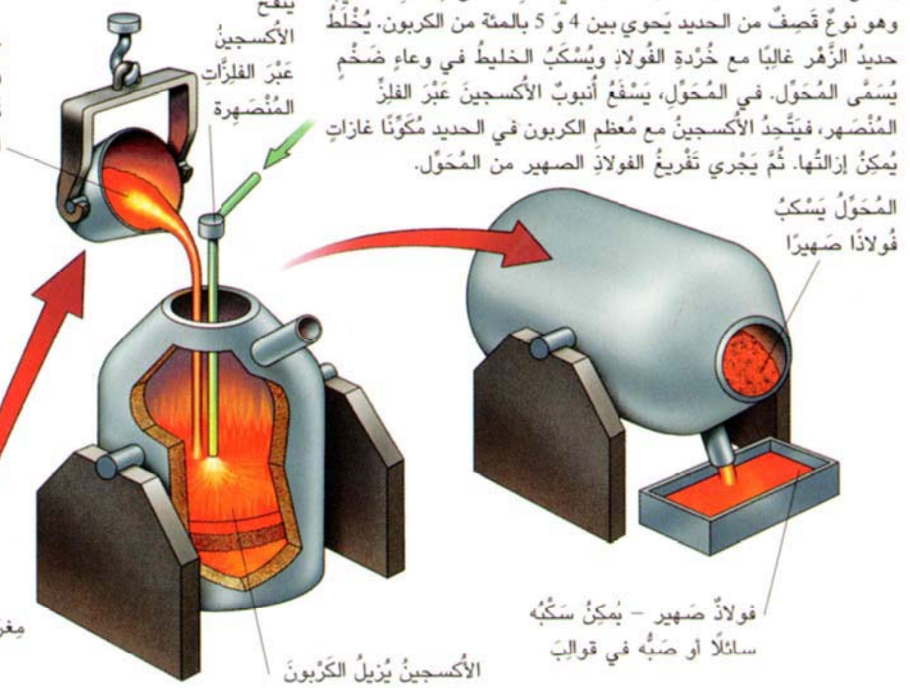


▼ الصورةُ الفوتوغرافيَّةُ هذه تُبيِّنُ مَقْطعًا عَرْضيًّا لأُسْطوانةٍ مَصْنوعةٍ من سَبيكةِ التِّيْتانيُوم والألومْنيُوم. وهي واسِعةُ الاستِعْمال في صِناعةِ المَرْكَباتِ الفَضائيَّة.

صُنْعُ الفُولاذ

يُصنَعُ حديدُ الزَّهْر من خاماتِ الحديد في فُرْنِ السَّفْع (الفُرْنِ العالي). وهو نوعٌ قَصِفٌ من الحديد يَحوي بين 4 وَ 5 بالمئة من الكربون. يُخْلَطُ حديدُ الزَّهْر غالبًا مع خُرْدةِ الفُولاذِ ويُسْكَبُ الخليطُ في وعاءٍ ضَخْمٍ يُسَمّى المُحَوِّل. في المُحَوِّل، يَسْفَعُ أنبوبٌ الأُكسجينَ عَبْرَ الفلزِّ المُنْصَهِر، فيَتَّحِدُ الأُكسجينُ مع مُعظم الكربون في الحديد مُكَوِّنًا غازاتٍ يُمكِنُ إزالتُها. ثُمَّ يَجْري تَفْريغُ الفولاذِ الصهير من المُحَوِّل.





أنواعُ الفولاذِ اللّاصَدوءِ تَحْوي الكرومَ والنيكل اللّذين يَجْعلانها لَمّاعة مُقاوِمةً لِلصَّدأ والتبَقُّع. هذه الأنواعُ من الفولاذ تُستَخدمُ في صُنْع ضروبٍ من الأشياءِ تشمَلُ أحواضَ الغَسيل المَطْبخيَّةَ وسَكاكينَ الموائد والأدواتِ الجِراحيَّةَ كالمَشارط.

في الصِّناعة، يُستَخْدمُ الفولاذُ اللّاصَدوء في صُنْع المَواسير والأنابيبِ والحاوياتِ لِنَقْلِ وحِفْظِ الكيماويَّاتِ الأكّالةِ بأمان. وهو يُستَخْدمُ أيضًا في صُنْع محامِلِ الكُرَيّات.

سَبائكُ مُتَطوِّرة

لقد صُنِّعَ عَددٌ من السَّبائكِ المُتَطوِّرة ذاتِ الخصائصِ المُتَميِّزة جدًّا. منها مثلًا، المُوَصِّلاتُ الفائقةُ المُوَصِّليَّةِ والسَّبائكُ ذاكِريَّةُ التَّشَكُّل.

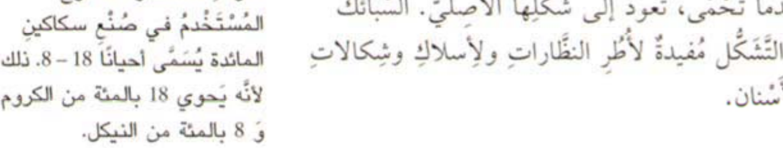
تَتَميَّزُ السَّبائكُ الفائقةُ المُوَصِّليَّة، كَسَبيكةِ القَصْدير والنيُوبيُوم، بانعِدام المُقاومَةِ الكَهْرِبيَّة تَقريبًا، عندما تُبَرَّدُ إلى درجاتِ حرارةٍ خفيضةٍ قُصْوى.

أمّا السَّبائكُ ذاكرِيَّةُ التَّشَكُّل فتَتَذكَّرُ شَكْلَها وتَعودُ إليه. فيُمكِنُ مثلًا لَيُّ أو فَتْلُ السَّبيكةِ وهي باردةٌ لِتُغيِّرَ شَكْلَها. لكِنَّها عندما تُحْمَى، تَعودُ إلى شَكْلِها الأَصليّ. السَّبائكُ الذاكِريَّةُ التَّشَكُّل مُفيدةٌ لأُطُرِ النَّظّاراتِ ولِأسلاكِ وشِكالاتِ تَقويمِ الأَسْنان.

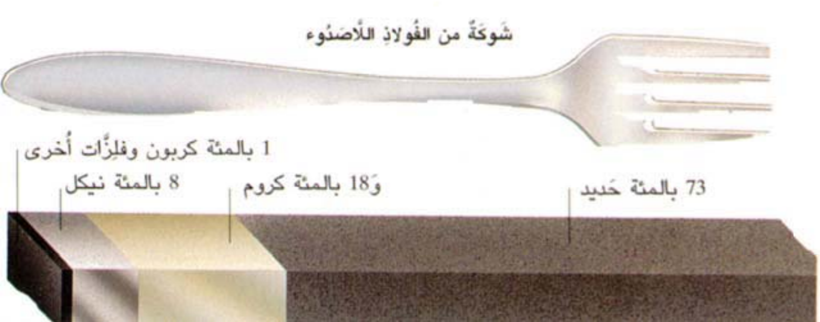


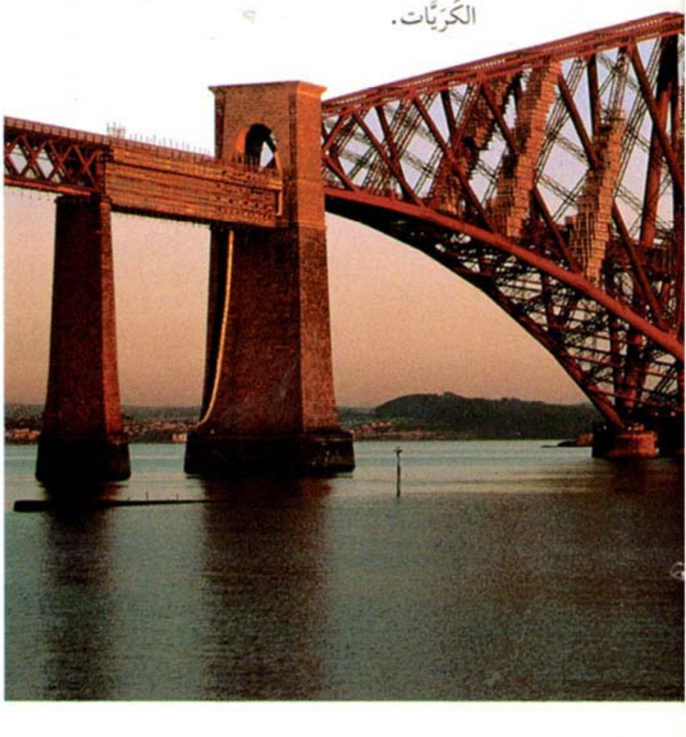
المُهَنْدسُ البريطانيُّ هِنْري بَسِمَر (1813 – 1898) ابتكرَ وِعاءً أسماهُ المُحَوِّلَ لِصُنْعِ الفولاذ على نِطاقٍ واسِع.

▼ توجَدُ أنواعٌ مُختلِفةٌ عديدةٌ من الفُولاذِ اللّاصَدُوء. فالنَّوعُ المُستَخْدمُ في صُنْعِ سكاكينِ المائدة يُسَمَّى أحيانًا 18 – 8. ذلك لأنّه يَحوي 18 بالمئة من الكروم وَ 8 بالمئة من النيكل.



شَوكَةٌ من الفُولاذِ اللّاصَدُوء





◄ جِسْرُ فُورث باسكُتلندا، الذي أُنجِزَ عامَ 1889، كان أوَّلَ جِسْرٍ كابوليٍّ لسِكَّةِ حَديد. وقد استُخْدِمَ في بنائه حوالى 55 000 طُنٍّ من الفُولاذ.

اُنْظُر أيضًا

المَحاليل ص 158 – 159
الكربون ص 170، الحديد ص 198
النُّحاس ص 199
الموادُّ الجديدة ص 217

تَشكيلُ المَوادّ

كثيرٌ من الموادِّ يَنْبغي قصُّها أو قَطْعُها إلى الحَجْم المَطْلوب، أو تشذيبُها أو تشكيلُها أو وَصْلُها معًا، قبلَ استِخْدامِها على النَّحو الأمثَل.



الأدَواتُ الأُولى كانتْ قِطَعًا مُثَلَّمَةً مُوَسَّلَةً من الظِّرّان استُخْدِمتْ في كَشْطِ الجُلودِ الحيوانيَّةِ وقَطْعِ النَّباتاتِ وتَنْصيلِ الرِّماح.

قَلَّما تَتواجَدُ الموادُّ الطبيعيَّةُ بالشَّكْلِ الأمثَلِ للاستِخْدام البَشَريّ. في البِداياتِ، استَخْدَمَ النَّاسُ الموادَّ بأشكالِها المُتاحَة. فقد كانت الجُدرانُ مثلًا تُبْنَى بِمُلاصَقَةِ كُتَلٍ صَخْرِيَّةٍ غيرِ مُنْتظِمةٍ معًا باهتِمامٍ وعِناية. ومع مُرورِ الزَّمَن، تعَلَّمَ البَشَرُ طرائقَ يَدويَّةً لِمُعالَجةِ تَشْكيلِ الموادِّ للأغراضِ والاِحتِياجاتِ المُعَيَّنة.

الخشَبُ والحَجَر

الخشَبُ مادَّةٌ أوَّلِيَّةٌ عامَّةٌ شائعةٌ مُنْذُ آلافِ السِّنين. ذلك لأنَّه مُتَوَفِّرٌ في أماكِنَ عديدةٍ، ولأنَّه سَهْلُ التَّشْكيل والمُتناوَل. فالخشَبُ يُمكِنُ نَشْرُه وسَحْجُه وثَقْبُه ونَقْشُه أشكالًا مُنَوَّعةً باستِخْدامِ الأدواتِ المُلائمة. والشَّيءُ ذاتُه صَحيحٌ جُزْئيًّا بالنِّسْبةِ للحَجَر، رُغْمَ أنَّ الحَجَرَ يَحْتاجُ إلى أدواتٍ أصلَدَ وجُهْدٍ أشَدّ.

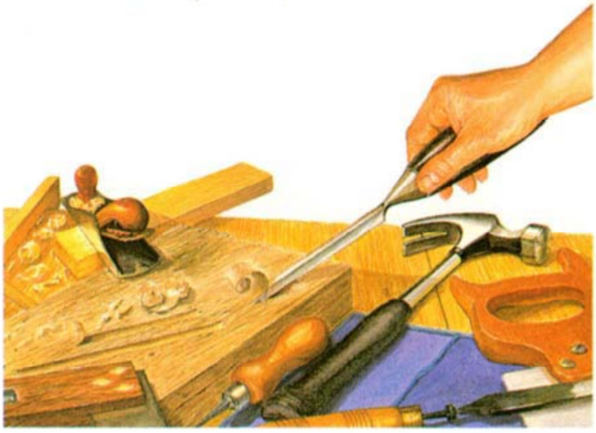
الفلِزَّات



تُصَبُّ الفلِزَّاتُ بالصَّهرِ ثُمَّ السَّكْبِ في قَوالِب. وعندما يَبْرُدُ الفلِزُّ الصَّهيرُ يَتصَلَّدُ مُتَّخِذًا شَكْلَ القالَب.

الفلِزَّاتُ عادةً صَلْدةٌ قَصِفَةٌ وعَصِيَّةٌ على التشكيل وهيَ بارِدَةٌ. لكِنَّها عِنْدَما تُحْمَى، تُصْبِحُ، في مُعظمِها، لَيِّنةً طَروقةً.

عمليَّاتُ تَشْكيل الفلِزَّاتِ، كجَوامِدَ ساخِنةٍ، تُسَمَّى الحِدادة. الحدَّادون يَستَخْدِمون عُدَدًا كالمَطارِقِ والمَلاقِط لِتَشْكيلِ الحديدِ حَذَواتٍ أو أسياخًا أو مَوادَّ حِدادةٍ أُخرى.



تُستَخْدَمُ الأدواتُ والعُدَدُ، كالأزاميل والمَساحيج والمَناشير، لِتَشكيل الخشَبِ مُنْذُ أقدَمِ العُصور.

الفلِزُّ المُحْمَى يُمكِنُ تشكيلُه أيضًا بالحِدادةِ الآليَّة. فالمِطْرَقةُ السَّاقِطةُ تُشَكِّلُ كُتَلًا من الفلِزِّ المُلَيَّنِ بالتَّسخين بين نِصْفَي قالَبِ التَّشكيل. فيَسْقُطُ نِصْفُ القالَبِ الأعلى بقُوَّةٍ عظيمةٍ على الفلِزِّ في النِّصْفِ الأسْفل. أمَّا دَلافينُ (دَحاريجُ) التشكيل فتَضْغطُ كُتَلَ الفلِزِّ السَّاخِنَةَ إلى شرائحَ طويلةٍ بِطَلْمِ (دَلْفَنةِ) الفلِزِّ جَيْئةً وذَهابًا بينها.

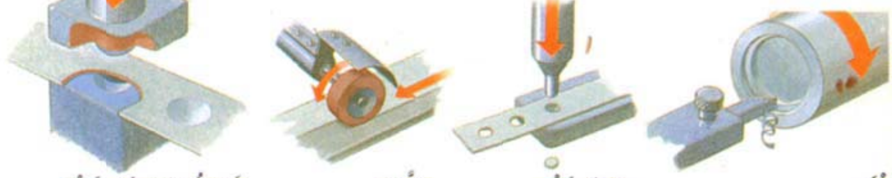
وإذا سُخِّنَ الفلِزُّ إلى دَرَجةٍ تفوقُ دَرجةَ انْصِهاره فيُمكِنُ صَبُّه سائلًا في قالَب - حيثُ يَبْرُدُ ويتجَمَّدُ مُتَّخِذًا شَكْلَ التجويفِ داخِلَ القالَب. المَعْدنانِ الفلِزِّيّان الأوَّلان اللذان عُومِلا بطريقةِ السَّبْك هذه كانا النُّحاسَ والبرونْز - ولا يَزالان يُسْبكان بالطريقةِ نَفْسِها حتَّى اليَوم.

يُصْنَعُ أحَدُ أنماطِ قوالِبِ الصَّبِّ من خَليطِ الرَّمْلِ والطِّين. فيُوضَعُ نَموذجُ الجِسْمِ المُرادُ سَبْكُه في صُندوقٍ ويُرَصُّ هذا الخليطُ حولَه جَيِّدًا.

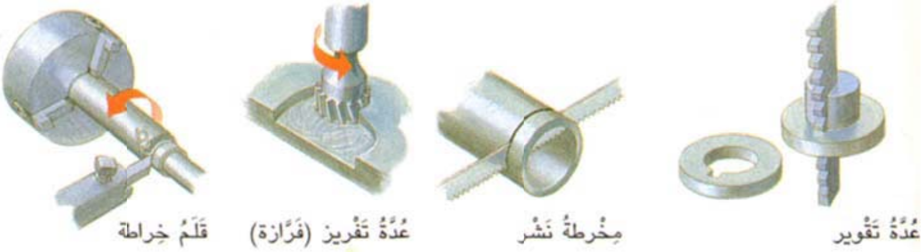


◄ هذا العالِمُ يَخْتبِرُ نَبيطةَ قَطْعٍ تَجْريبيَّة. النَّبيطةُ تَحوي جِهازًا لِيزَريًّا مُركَّبًا على ذِراعٍ روبُوتيَّة. إنَّ أمثالَ هذا اللِّيزرِ تُستَخْدَمُ كثيرًا في شَقِّ الألْواحِ الفلِزِّيَّة. فاستِخْدامُ الرُّوبوتيَّات يضْمَنُ الحُصولَ على قَطْعٍ دَقيقٍ مُتْقَن.

تُستَخْدَمُ العُدَدُ المَكَنيَّةُ لِنَقْرِ الثُّقوبِ وجَلْخِ الموادِّ أو كَبْسِها أو قَطْعِها. وتُدارُ هذه العُدَدُ آليًّا بواسِطةِ مُحَرِّك. الشَّيءُ الذي يَجْري تشكيلُه يُسَمَّى الشُّغْلة أو قِطْعَةَ الشُّغل.



مِثْقَب — مِكبَسُ تَخْريم — جَلَّاخة — فَرامِلُ (مَكابِحُ) ضَغْط



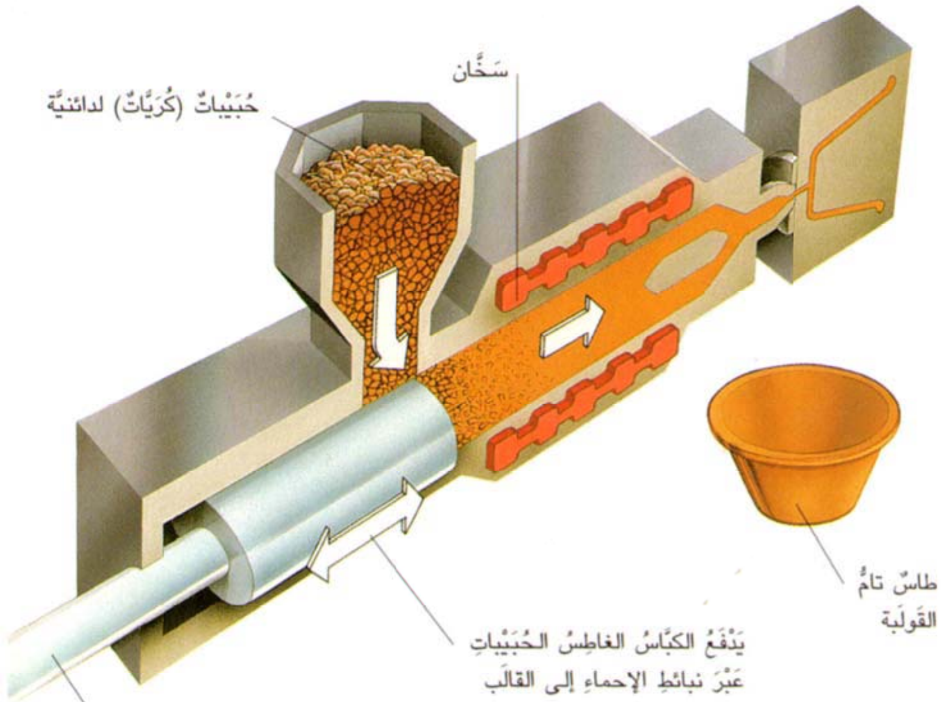
عُدَّةُ تَقْوير — مِخْرطةُ نَشْر — عُدَّةُ تَفْريز (فَرَّازة) — قَلَمُ خِراطة



يُمكِنُ وَصْلُ مُعظمِ الفلِزّات معًا بالتَّلْحيم. فيُستَخْدَمُ مَصْدرٌ حراريٌّ لِصَهْرِ الحافّتين من سَطْحَي الفلِزَّين اللتين تَنْدمجان معًا عندما تبرُدان أو يَبْرُدُ فلِزُّ اللِّحام ويَتَصَلَّد.

بعدَما يَتصَلَّدُ القالَب، يُزالُ النَّموذَجُ ويُنْقَرُ ثُقْبان في أعلاه. يُسْكَبُ الفلِزُّ السائلُ عَبْرَ أحدِ الثُّقْبَيْن ويُفلِتُ الهواءُ عَبْرَ الثَّقْبِ الآخَر.

ومتى تَمَّ صَوغُ الشَّكْلِ الأساسيِّ للجِسْمِ الفلِزّيِّ بالسَّبْك أو الحِدادة، يُمكِنُ إضافةُ مَزيدٍ من التَّفاصيل إليه بالمَكِنات. فالعُدَدُ المَكَنيَّةُ تُؤدّي جُمْلَةً مُنَوَّعةً واسعَةَ النِّطاق من الشُّغْلات كالثَّقْبِ والنَّقْر وثَنْي الأنابيبِ والمَواسير النُّحاسيَّةِ إلى التَّسْنين الحَلَزونيِّ للمَسامير المُلَولَبة (البَراغي).



في مَكَنةِ التَّشكيلِ بالحَقْن، يَدْفَعُ الكَبّاسُ الغاطِسُ الحُبَيْباتِ اللدائنيَّةَ عَبْرَ حُجْرةٍ مُسَخَّنَة. فتَلينُ الحُبَيْباتُ وتُضْغَطُ داخلَ القالَب. عندما تَبْرُدُ اللدينَةُ يُفْتَحُ القالَبُ ويُسْتَخْرَجُ الجِسْمُ التامُّ القَوْلَبة. في هذه الحال، القالَبُ يُشَكِّلُ طاسات.

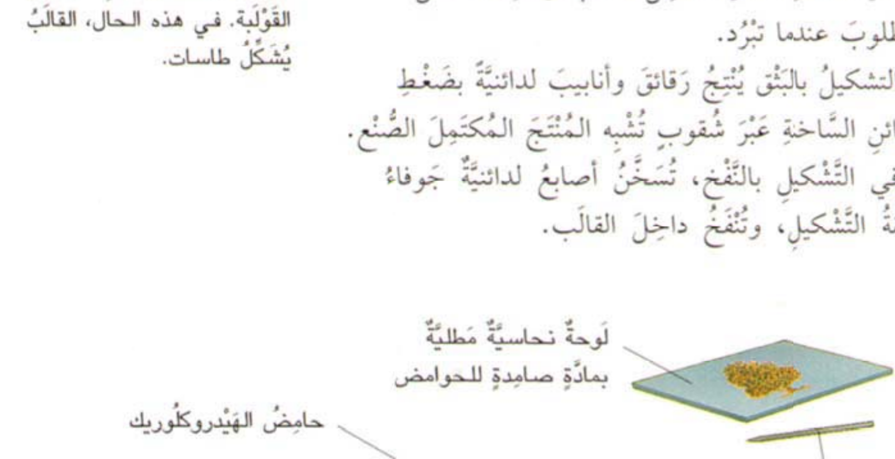
تَشْكيلُ اللدائن

لدائنُ كثيرةٌ تَلينُ على درجاتِ حرارةٍ أخفضَ بكثيرٍ مِمَّا تَتطلَّبُه الفلِزّات، وهذا يجعَلُها أسهلَ للتَّشكيلِ بالقَوْلَبة.

التَّشْكيلُ بالحَقْن مَثيلٌ لِلصَّبّ، لكِنَّ درجاتِ الحرارة المُسْتَخْدمةَ فيه أَخْفَض. فتُضْغَطُ الحُبَيْباتُ أو الكِسَرُ اللدائنيَّةُ الساخِنَةُ اللَّيِّنةُ داخِلَ القالَب وتَتَّخذ الشَّكلَ المَطلوبَ عندما تَبْرُد.

التشكيلُ بالبَثْق يُنْتِجُ رَقائقَ وأنابيبَ لدائنيَّةً بضَغْطِ اللدائنِ السَّاخنةِ عَبْرَ ثُقوبٍ تُشْبِه المُنْتَجَ المُكتَمِلَ الصُّنْع.

في التَّشْكيلِ بالنَّفْخ، تُسَخَّنُ أصابعُ لدائنيَّةٌ جوفاءُ سابِقَةُ التَّشْكيل، وتُنْفَخُ داخِلَ القالَب.



▲ في عمليَّةِ التَّنميش هذه، تُغَطّى لوحةٌ نُحاسيَّةٌ أوَّلًا بطَلْيَةٍ صامِدةٍ للحوامِض. ثُمَّ تُستَخْدَمُ أداةُ نَقْشٍ لِحَفْرِ التَّصْميمِ المُرادِ في الطَّلْيةِ قَبْلَ تَغْطيسِ اللَّوحةِ المَطْليَّةِ في حامضِ الهَيْدروكلوريك. يَتَغَلْغَلُ الحامِضُ عَبْرَ الثُّقوبِ المُحتَفَرةِ في الطَّلْيةِ ويُنَمِّشُ النموذَجَ المَنْقوشَ على سَطْحِ اللَّوحة. ومن ثَمَّ يُمكِنُ استِخْدامُ اللَّوحةِ المُنَمَّشة لِطَبْعِ التَّصْميمِ المُنَمَّشِ بواسطةِ مَكنةِ الطباعة.

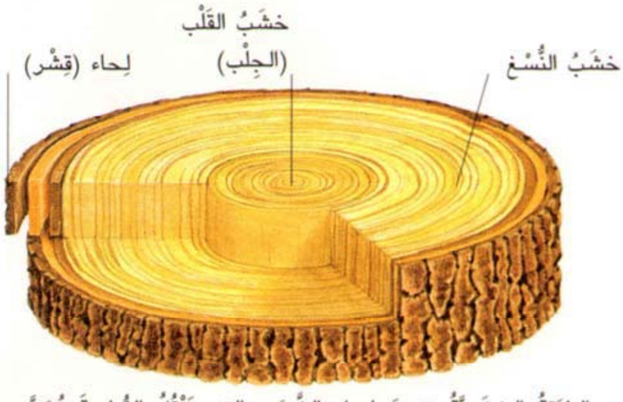


أنْظُر أيضًا

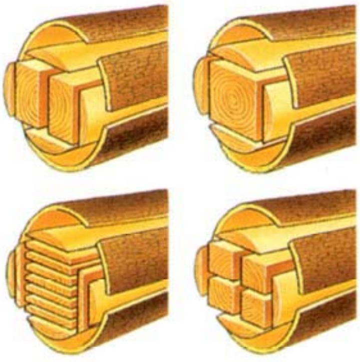
خصائصُ الفلِزّات ص 196 – 197
الحَديد ص 198، الخَشَبُ والوَرَق ص 206، اللَّدائن ص 216
المَوارِدُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

الخشَبُ والوَرَق

الخشَبُ مادَّةٌ مَتينةٌ عاسِيَةٌ تُكوِّنُ جُذوعَ الأشجارِ وأغْصانَها. وهو يُستَخْدَمُ في أعمالِ البناءِ كما يُستَخْدَمُ وَقودًا ومادَّةً أوَّليَّةً لِصُنْعِ الوَرَق.



الطبقةُ الخشَبيَّةُ، تحتَ لِحاءِ الشَّجَر، التي تَنقُلُ الرُّطوبةَ تُسَمَّى خشَبَ النُّسْغ؛ والخشَبُ المُصْمَتُ الصَّلْدُ في وَسَطِ الجِذْعِ يُسَمَّى خشَبَ القَلْبِ أو الجِلْب.



يُنْشَرُ الخشَبُ ألواحًا في المِنْشَرة. فبَعْدَ إزالةِ اللِّحاءِ يُقَطَّعُ الخشَبُ بِمَناشيرَ آليَّةٍ إلى ألواحٍ رَقيقةٍ أو عوارِضَ أثْخَنَ تَبَعًا لِنَوعيَّةِ الاستِخْدامِ ومُتَطلَّباتِه.

الخشَبُ مادَّةٌ مُتعَدِّدةُ الاستِعْمالات. فهو عاسٍ مَرِنٌ وسَهْلُ التشكيلِ وقَويٌّ نِسْبيًّا. صِناعةُ الاِحْتِشابِ تَعْمَلُ على قَطْعِ الأشجارِ ونَشْرِ خَشَبِها ألواحًا ثَخينةً ورَقيقةً وعوارِضَ ومأطوراتٍ لاستِخْدامِها في البِناءِ وفي صُنْعِ الأثاثِ والسِّلَعِ الخشَبيَّةِ الأُخرى.

أنواعُ الخشَبِ المُختلِفةُ ذاتُ خصائصَ مُتبايِنة. فخَشَبُ البَلْسا، مثلًا، خفيفٌ جدًّا، فيما خَشَبُ الدَّرْدار عاسٍ متينٌ يَحْتَمِلُ قُوى الثَّني والمَطّ المُفاجئةَ والمُتكرِّرة.



الخشَبُ المُجَهَّزُ، أو المَنْشورُ ألواحًا، يُستَخْدَمُ في صُنْعِ أُطُرِ النوافذِ والأبوابِ والسُّقوف.

الوَرَقُ وإعادةُ التَّدْوير

يُصْنَعُ الوَرَقُ بِصورةٍ رئيسيَّةٍ من السِّلْيولُوز في الخَشَب. ويُستَخْدَمُ في صُنْعِ الكُتُبِ والقِرطاسيَّةِ وعُلَبِ الوَرَقِ المُشَمَّعِ لِحِفْظِ السَّوائلِ ووَرَقِ المُرَشِّحاتِ لِمُحرِّكاتِ السيَّارات. ويُمكِنُ صُنْعُ الوَرَقِ باستِخْدامِ السِّليولوز من مَصادِرَ أُخرى غيرِ الخشَب. فأوراقُ النَّقْدِ ووَرَقُ الكتابةِ الغالي الثَّمَن تَحْوي أَلْيافَ السِّليولوز من نباتِ القُطْن. وهذه الألْيافُ تُكسِبُ الوَرَقَ مَتانةً ونُعومةً فائقة.

الشَّخْصُ في البُلدانِ المُتطوِّرة يَستَخْدِمُ في المُعَدَّل، حوالى 300 كيلوغرام من الوَرَق سَنَويًّا. وحوالى النِّصْفِ من هذه الكمِّيَّة يُعادُ تَدْويرُه لِصُنْعِ وَرَقِ الصُّحفِ ووَرَقِ اللَّفِّ ومختلِفِ أنواعِ وَرَقِ الخِدْمة الخفيضِ النوعيَّة. أمّا الباقي فيُرَمَّدُ أو يُطْرَحُ في مَرادِمَ أرضيَّة.



صُنْعُ الوَرَق

يُصْنَعُ الوَرَقُ الحديثُ غالبًا من فَصيلةِ الأشجارِ الصنوبَريَّة، كالصَّنَوبَرِ والتَّنُّوبِ والشُّوح. وتتألَّفُ ألْيافُ الخشَبِ من مادَّةٍ مَتينةٍ تُسَمَّى السِّلْيولوز – مِمَّا يجعَلُ الورقَ مَتينًا لا يَتفكَّكُ بِسُهولة عندما يُضْغَطُ أو يُطْوى أو يُبْسَط. في مَكِنةِ صُنْعِ الوَرَق الحديثةِ تُغْلى شَقَفُ الخشَبِ المُشَظَّاةُ أوَّلًا مع الصودا الكاويَةِ أو مع مادَّةٍ كيماويَّةٍ أُخرى في وعاءٍ صِهْريجيٍّ لِتَحْريرِ ألْيافِ السِّلْيولوز القويَّة. وتُصَفَّى الألْيافُ من السَّوائلِ للحُصولِ على عَجينةٍ طَريَّة. ثُمَّ تُنْشَرُ العَجينةُ السِّلْيولوزيَّةُ على سَيْرٍ ناقِلَةٍ وتُكبَسُ بين مِطْلَمتَيْن ساخِنَتَيْن لإزالةِ الرُّطوبةِ والحُصولِ على الوَرَقِ التامِّ الصُّنْع.

أُنْظُر أيضًا

تَشْكيلُ الموادّ 204 – 205
الألْياف ص 207
البناءُ والإنشاءات ص 222 – 223
المواردُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

الأَلْياف

تُستَخْدمُ الأَلْيافُ في صُنْعِ القُماشِ للمَلابس وأغطيةِ الفِراش (البياضات) ومُنْتَجاتٍ عديدةٍ أُخرى. بعضُ الأَلْيافِ مُنْتَجاتٌ طبيعيَّةٌ، وبعضُها الآخر مُصَنَّعٌ بطرائقَ كيماويَّة.



الحَرير



القُطْن



الصُّوف

الكَتّانُ والقُطْنُ مَصْدَرُهما النباتات. والصُّوفُ يُجَزُّ من الأغنام؛ والحَرير تُنْتِجُه ديدانُ القَزِّ (ديدانُ الحرير).

الأَلْيافُ الطبيعيَّةُ يُسْتَحْصَلُ عليها من الحيَواناتِ والنَّباتات. وهٰذه الأَلْيافُ يُمكِنُ غَزْلُها لِصُنْعِ خُيوطٍ تُحاكُ على نَوْلٍ لِصُنْعِ القُماش.

الصُّوفُ، أكثَرُ الأَلْياف الحيوانيَّةِ شُيوعًا، يُصَنَّعُ من صُوفِ الأغنام (الضأن بخاصَّةٍ). وتعتَمِدُ نَوعيَّةُ الصُّوف على سُلالةِ الغنَمِ التي يُجَزُّ منها.

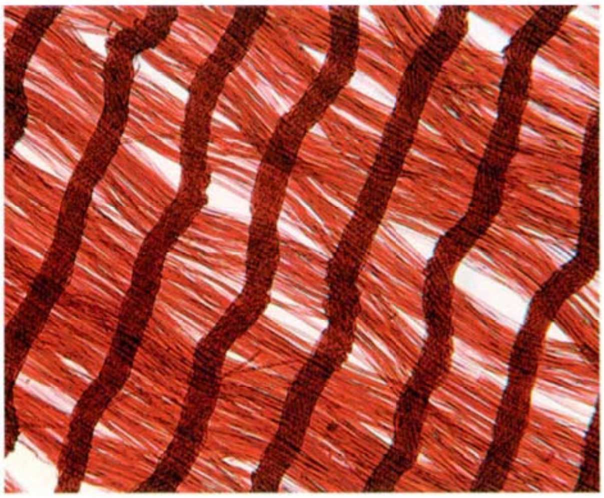
الحريرُ الطبيعيُّ تُفرِزُه أساريعُ دُودةِ القَزّ (دُودة الحرير) التي تَغْزُلُه فَيالجَ (شَرانقَ) حولَ نَفْسِها تتحَوَّلُ داخِلها إلى عُثٍّ فَراشيَّة. مُرَبّو دودةِ الحرير يَجْمعونَ الأَلْيافَ الطويلةَ قبْلَ تكَوُّنِ الفَيالِج.

ويُسْتَحْصَلُ من النَّباتات على أنواعٍ كثيرةٍ من الأَلْياف. فالقُطْنُ يُقْطَفُ كُتَلًا من الأَلْيافِ المُتكَوِّنَةِ حوْلَ رُؤوسِ نَبَاتات القُطْن. والجُوتُ والسِّيزالُ والقِنَّبُ أَلْيافٌ نباتيَّةٌ مَتينةٌ تُسْتَخْدمُ في صُنْعِ الحِبال وقُماشِ الخِيام وخَيْشِ الأكياس. ويُصَنَّعُ الكَتّانُ من أَليافٍ ومُشاقةِ سُوقِ نباتات الفصيلةِ الكَتّانيَّة.

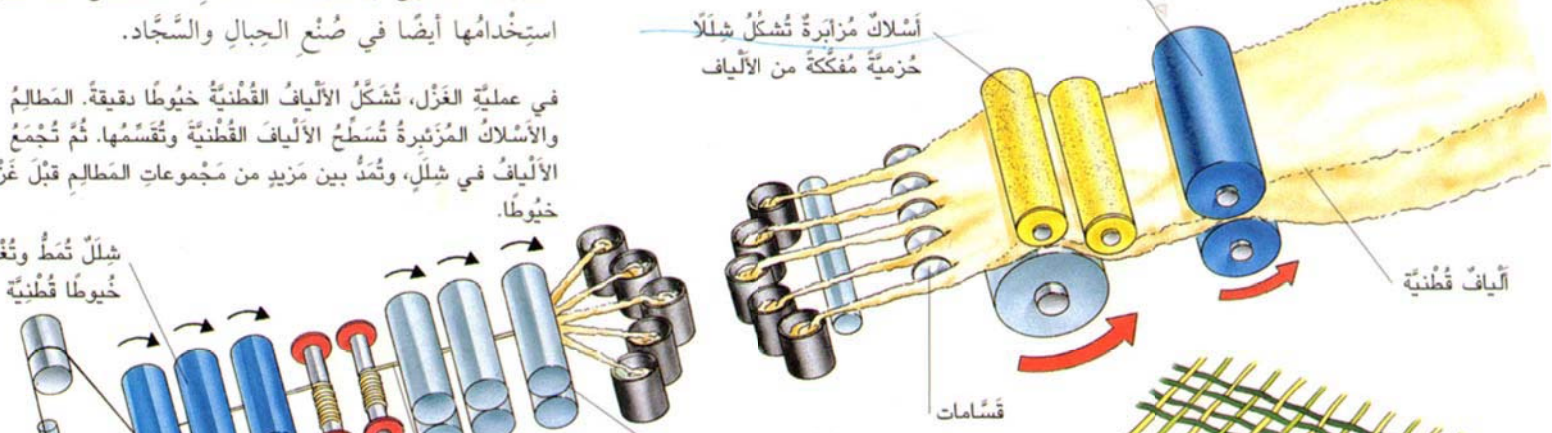
الأَلْيافُ الاصطِناعيَّة

الحَريرُ الصِّناعيُّ أو حَريرُ الخشَب، الذي سُمِّي لاحقًا الرايون، هو أوَّلُ الأَلْياف الاصْطِناعيَّة. وقد صُنِّع الرايون من السِّلّيولوز أوائل القَرْنِ العِشْرين. ويُحَضَّر حاليًّا بطريقةٍ مَثيلة - بإذابةِ لُبِّ الخشَبِ في مَحْلولٍ قِلْويّ. ثُمَّ يُعالجُ المَزيجُ بمادَّةٍ كيماويَّةٍ تُحوِّلُه إلى سائلٍ غليظٍ دَبِقٍ يُسَمَّى الفِسْكوز. ويُرَشُّ المَحْلولُ الفِسْكوزيُّ عَبْرَ ثُقوبٍ دقيقةٍ في مَغْطِسٍ من حامِضِ الكِبْريتيك يجعَله يَتَصَلَّدُ أَليافًا شَبيهةً بأَلْيافِ الحَريرِ الطبيعيّ. هذه الأَلْيافُ يُمكِنُ غَزْلُها خُيوطًا يُحاكُ منها القُماشُ الحَريريُّ المَظْهر.

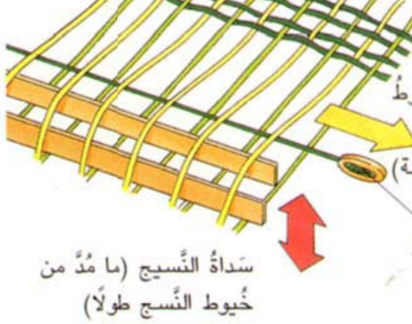
أمَّا الأَلْيافُ الأُخرى كالنَّيلون والپوليسْتر والأَلْيافِ الأكريليَّة فتُنْتَجُ من النِّفْط بعَمليَّاتٍ كيماويَّةٍ مُعقَّدة؛ وهي شَبيهةٌ باللَّدائن. الأَلْيافُ الاصْطِناعيَّةُ غالِبًا أمتنُ من الخُيوطِ الطبيعيَّة. ويُمكِنُ حِياكتُها أَقْمِشةً مُقاوِمَةً للتَّغَضُّن. كما يُمكِنُ استِخْدامُها أيضًا في صُنْعِ الحِبالِ والسَّجّاد.



هذه صورةٌ عن قُرب، مُكبَّرةٌ 70 مرَّةً، للكْريبِ الصِّينيّ. هذا النَّسيجُ مُصَنَّعٌ بِحِياكةِ أَلْيافٍ حريريَّةٍ دقيقةٍ مع خُيوطٍ حريريَّةٍ أثْخَنَ حِيكَتْ مُسْبقًا بغَزْلِ أَلْيافٍ حَريريَّةٍ معًا.



في عمليَّةِ الغَزْل، تُشَكِّلُ الأَلْيافُ القُطْنيَّةُ خيُوطًا دقيقةً. المَطالِمُ والأَسْلاكُ المُزَئبِرةُ تُسَطِّحُ الأَلْيافَ القُطْنيَّةَ وتُقَسِّمُها. ثُمَّ تُجْمَعُ الأَلْيافُ في شِلَلٍ، وتُمَدُّ بين مَزيدٍ من مَجْموعاتِ المَطالِمِ قبْلَ غَزْلِها خيُوطًا.



◄ نَوْلُ الحِياكةِ يُشابِكُ الخُيوطَ لِصُنْعِ القُماش. تُمَدُّ مَجْموعتان من خُيوطِ السَّداةِ عَبْرَ إطارِ النَّوْل، ويَشُدُّ المَكُّوكُ خيطَ اللُّحْمةِ بين مَجْموعتَي خُيوطِ السَّداة. ثُمَّ يَعْكِسُ النَّوْلُ خيُوطَ السَّداةِ العُلْويَّ والسُّفْليَّةَ قبْلَ مُرورِ المَكُّوكِ عَودًا بينهما.

أُنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والنّاس ص 66 - 67، القواعِدُ والقِلْويّات ص 185، البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215، اللَّدائن ص 216

الزُّجاج

الزُّجاجُ مادَّةٌ شَفَّافةٌ تُصْنَعُ بِصَهْرِ مَزيجٍ من الرَّمْلِ والأَمْلاحِ على دَرجاتِ حرارةٍ عالية. ويَتجَمَّدُ المَزيجُ زُجاجًا عندما يَبْرُد.

صانِعُ الزُّجاجِ البريطانيُّ ألِسْتير بِلْكِنْغتون (1920 – 1995)، ابتدعَ طريقةَ الطَّفْو لِصُنْعِ الزُّجاجِ المُستوي في الخَمْسينيّاتِ من القَرْنِ العِشْرين – حيثُ يُصَبُّ الزُّجاجُ السَّائلُ من الفُرْنِ مُباشرةً ويُترك ليَبْرُدَ ويَجمُدَ تَدْريجيًّا فوقَ طبَقةٍ من القَصْدير الصَّهير. هذه الطريقةُ تُنْتِجُ زُجاجًا مَليسًا ناعمَ السَّطْحِ جدًّا.



صُنِعَ الزُّجاجُ من الرَّمْل والظِّرَّان، أو الكوارتْز، مُنْذُ أكثرَ من 4000 سنة. حاليًّا يُصَنَّعُ الزُّجاجُ من مَزيجٍ يتألَّفُ في مُعْظَمِه من الرَّمْل. ثُمَّ يُشَكَّلُ ويُنْفَخُ ويُطْلَى لِصُنْعِ أجْسامٍ كالعَدَسات والحُلِيِّ والمَرايا وألواحِ الزُّجاجِ للنوافذ وسِواها.

يُمكِنُ سَحْبُ الزُّجاجِ أَلْيافًا تُستَخْدم للعَزْلِ أو لِتَقْوِيَةِ اللَّدائن.

وتُسحَبُ أنماطٌ خاصَّةٌ من الزُّجاج لإنتاجِ الأَلْيافِ البَصَريَّة، التي تَسْتطيعُ نَقْلَ الضَّوءِ على مَدى مَسافاتٍ بعيدة. وهي تُستَخْدمُ لإرسالِ الصُّوَرِ والمُعْطَياتِ المَعْلوماتيَّةِ كإشاراتٍ تِلِفونيَّة.



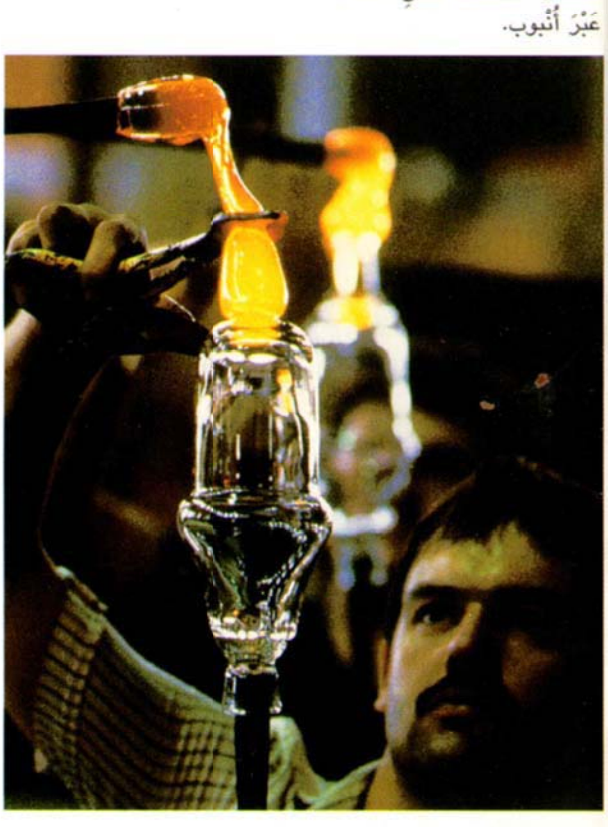
زُجاجُ النوافذ المُزَخْرفُ (أو المُعَشَّق) يُصْنَعُ بوَصْلِ قِطَعٍ صَغيرةٍ من الزُّجاجِ المُلَوَّن باستِخْدامِ شرائحَ من الرَّصاص. يُلَوَّنُ الزُّجاجُ بإضافةِ أملاحٍ فلزِّيَّةٍ أثناءَ عمليَّةِ التَّصْنيع.

خَصائصُ الزُّجاج

يُمكِنُ تَغْييرُ خصائصِ الزُّجاجِ بإضافةِ كمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من الكيماويَّات إلى المَزيجِ الزُّجاجيِّ الأساسيّ. فالبَوْرَقُ (بورات الصوديُوم المائيَّة) مثلًا، يَجْعَلُ الزُّجاجَ أشدَّ مُقاومةً للحرارة – فيُسْتَخْدمُ في صُنْعِ زُجاجِ الأفران. وأُكسيدُ الرَّصاص يُحَسِّنُ تألُّقَ الزُّجاجِ المُحَفَّر – فيُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الأواني الزُّجاجيَّة المُزَخْرفة.

زُجاجُ الأمان الرقائقيُّ لِحَاجِبات الرِّيحِ في السَّيَّارات يُصْنَعُ بحَشْوِ طبَقةٍ لَدائنيَّةٍ بين صَفيحتَيْن من الزُّجاج. هذه الطبَقةُ اللَّدائنيَّةُ تَعْمَلُ على تماسُكِ الزُّجاجِ إذا ما تحَطَّم.

نافِخُ زُجاجٍ يَستَخْدِمُ مِقْراضًا لِقَطْعِ كُتْلةٍ من الزُّجاجِ الحارِّ المُتَليِّن لِيُشكِّلَها بنَفْخِ الهواءِ عَبْرَ أُنْبوب.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد 194 – 195
اللَّدائن ص 216
الإتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367

الخَزَفيَّات

تؤلِّفُ الخَزَفيَّاتُ فِئةً من الموادِّ تَشْمَلُ الصَّلْصالَ والزُّجاجَ والفَخَّار. والكثيرُ من الخَزَفيَّاتِ موادُّ صامِدةٌ للحرارةِ وعَوازِلُ كهربائيَّةٌ جيِّدة.



السُّطوحُ الخَزَفيَّةُ لِمواقد الطَّبْخ مَلْساءُ سَهْلةُ التَّنْظيف. وأجزاءُ السَّطح التي ليسَتْ فوق سَخَّانٍ مُباشرةً تَبْقى باردةَ المَلْمَس نوعًا.

المُنْتَجاتُ الخَزفيَّةُ العاديَّة تَشْمَلُ الفَخَّاريَّاتِ والآجُرَّ والحُلِيَّ وأنابيبَ جَرِّ المياه وقساطِلَ المَجارير. وهذه الأَشياءُ تُصنَّع من مُختلفِ أنواع الطينِ (الصَّلْصاليِّ أو الطُّفاليِّ أو الغَضاريّ) المُلَيَّنةِ الطيِّعة التي تَغْدو صَلْدةً قصِفةً عندما تُشْوَى على دَرجاتِ حرارةٍ عالية.

مُصْطلَحُ «الخَزَفيَّات» كان يَقْتصِرُ سابقًا على الطِّين والفخَّاريَّات فقَطْ؛ لكنَّه اليومَ يشمَلُ كَثْرةً من الموادِّ التُّرابيَّةِ التي يُمكِنُ تَصْليدُها بالشَّيّ.

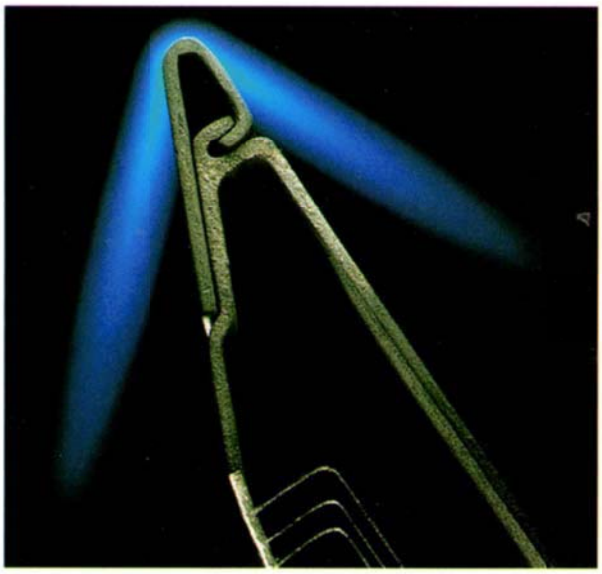
الخَزَفيَّاتُ عادةً صامِدةٌ للماءِ ولِمُعظمِ الكيماويَّات. وتَنْزِعُ غالبًا لأن تكونَ عوازِلَ كهربائيَّةً جيِّدة. والكثيرُ من الخَزَفيَّاتِ ذو دَرَجاتِ انصِهارٍ عاليةٍ جِدًّا، ولا يَعطَبُ أو يَتأذَّى بدرَجاتِ الحرارة العالية. وأمثالُ هذه الخَزَفيَّات، المُسَمَّاة «حَراريَّات»، تُستَخْدمُ في تَبطين الأتاتين والأفران.



الفَخَّاريَّاتُ الخَزَفيَّةُ استُخدِمَتْ منذُ القِدَم في إبداع أوعِيَةٍ جميلةٍ، كهذه الزُّهريَّةِ القديمة.

استِخْداماتٌ جَديدةٌ للخَزَفيَّات

لِلَّدائنِ أفضليَّةٌ على الخَزَفيَّاتِ في كثيرٍ من الإستِخْدامات التقليديَّة. فالأنابيبُ اللَّدائنيَّةُ، مثلًا، أخَفُّ وأسهَلُ تَشْكيلًا من الأنابيبِ الفَخَّاريَّة. لكِنَّ العُلماءَ طوَّروا أنماطًا جديدةً من



◄ الحافَّةُ الأماميَّةُ لِجناحِ هذه الطائرة مُصَنَّعةٌ من مادَّةٍ خَزَفيَّةٍ مَمْزوجةٍ بألْيافٍ كَرْبونيَّة. هذه المادَّةُ قادِرَةٌ على مُقاومةِ دَرجاتِ حرارةٍ قد تبلُغُ حوالى 1100°س.

الخَزَفيَّاتِ ذاتَ خصائصَ مُختلِفةٍ تَجعلُها ملائمةً لِاستِعْمالاتٍ جَديدةٍ شَتَّى.

تُمْزَجُ الخَزَفيَّاتُ بِفلِزَّاتٍ سَحيقةٍ وتُضْغَطُ ثُمَّ تُشْوَى لِتُنْتِجَ سبائكَ صامِدَةً للحرارة تُسَمَّى خَزَفيَّاتٍ فلِزِّيَّةً. هذه الخَزَفيَّاتُ تُستَخْدَمُ في الفضاءِ الجَوِّيِّ لِصُنْعِ مخاريطِ المُقدِّمة في الطائراتِ الصاروخيَّة والقَرمَدِ الآجُريِّ الصامدةِ للحرارة في المَكاكيكِ الفَضائيَّة لِوكالةِ الفَضاء والطيران الأمريكيَّة (ناسا).

كذلك تُطوَّرُ حاليًّا أغلِفَةٌ خَزَفيَّةٌ لِمُحرِّكاتِ السيَّارات أَمْتَنُ وأشدُّ صُموديَّةً للحرارة، وأخَفُّ وَزْنًا بكثيرٍ، من أغلفةِ حديدِ الصَّبِّ المُعْتادة.

ورُغْمَ أنَّ مُعظَمَ الخَزَفيَّات عوازِلُ جَيِّدةٌ، فإنَّ بعضَها، الحاوي أُكسيدَ النُّحاس، مُوَصِّلاتٌ فائقةٌ على درجاتِ الحرارةِ الخفيضةِ جِدًّا (أُنظُر ص 360). ويعمَلُ العُلماءُ حاليًّا على تَطْويرِ مُوَصِّلاتٍ فائقةٍ تَعْمَلُ على دَرَجاتِ حرارةٍ أعلى.



على مَدى آلافِ السِّنين، شَكَّلَ الخَزَّافون من الطِّين أدواتٍ للموائد وجِرارًا للتخزين وحُلِيًّا متنوِّعة.

▼ الخَزَفُ الصِّينيُّ العَظْمِيُّ نوعٌ من الصِّينيِّ الفائقِ المَصْنوعِ من سَحيقِ الكاوُلين والطُّفالِ المَعْدنيِّ وعِظامِ الثيرانِ المُحَمَّصة. تُمْزَجُ هذه المَساحيقُ بالماء لِتُصْبِحَ طينًا يُمكِنُ صَبُّه وتشكيلُه في قوالبَ، ثُمَّ يُشْوَى الشيءُ المَقْولَبُ في أتُّونٍ لِتَصْليدِه. وبعد ذلك يُزَجَّجُ بطِلاءٍ زُجاجيٍّ لمَّاعٍ ويُشْوَى ثانيةً لِتَصْليدِ الطَّلْيةِ الزُّجاجيَّة.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195
الموادُّ الجديدة ص 217
المُوَصِّلات ص 360 – 361
العَوازِل ص 362

النِّفْطُ والتَّكْرير

النِّفْطُ (أو البترول) سائلٌ طَبيعيُّ التواجُد يُمكِنُ تكريرُه للحُصولِ على وُقُدٍ ومُزَلِّقاتٍ بالإضافةِ إلى موادَّ أوَّليَّةٍ للصِّناعةِ الكيماويَّة.

النِّفْطُ هو البَقايا المُنحلَّةُ لِمُتعَضِّياتٍ دقيقةٍ عاشَتْ في البِحارِ منذُ عِدَّةِ ملايينَ من السِّنين؛ وبعدَ مَوتِها تغَطَّتْ بطَبَقاتٍ مُتعاقِبَةٍ من الرُّسابات. وبِمُرورِ الزَّمَن، مع الحرارةِ وثِقْلِ هذه الطبقات الضاغط وفِعْلِ البكتيريات تحوَّلَتْ هذه البَقايا العُضْويَّةُ إلى نِفطٍ خام. يَخْتلِفُ مَظْهَرُ النِّفْطِ الخام بين سائلٍ أصفَرَ شاحبٍ وقارٍ أسْودَ لزِجٍ. والمَعْروفُ أنَّ أكثرَ من نِصْفِ احْتِياطيِّ النِّفْط في العالَم مَوجودٌ في الشَّرقِ الأوسط.

النِّفْطُ (البترول) مَزيجٌ مُعقَّدٌ من المُرَكَّباتِ الكيماويَّةِ المُؤَلَّفة بِصُورةٍ رئيسيَّةٍ من الهِدْروجين والكَرْبون. هذا المَزيجُ يُفْصَلُ ويُعالَجُ في مَعامِلِ تكرير النِّفْط لإنتاج مَدًى ضَخْمٍ من مُشتقَّاتِه المُسَمَّاةِ بِتروكيماويَّات.

مُشتَقَّاتُ النِّفْط الأساسيَّةُ هي الوُقُد، كوَقُودِ الدِّيزِل والكيروسين والبِنْزين. وتَشْمَلُ المُشتَقَّاتُ الأُخرى الأصباغَ، والمُزَلِّقاتِ، والعقاقيرَ الطِّبِّيَّةَ، ونُسُجَ النَّيْلون والپوليسْتَر، واللَّدائنَ والپوليمَرات (المكثورات)، والمُذيباتِ، والمَطّاطَ الاصْطِناعيَّ والشُّموع.



أمثالُ هذه المِضَخَّةِ المطأطِئةِ الرأس تُشاهَدُ في شتَّى الحقولِ النِّفْطيَّة تَسْحَبُ النِّفْطَ إلى السَّطْحِ بنَوداناتِها صُعُودًا وهُبوطًا.



أبراجُ استِخْراج النِّفْط مُصَمَّمَةٌ لِتُوفِّرَ مِنصَّاتٍ مُستقِرَّةً لِلُقَمِ الحَفَّاراتِ الجبَّارة للنَّقْبِ عميقًا في باطِنِ الأرض والتوصُّلِ إلى مَكْمَنٍ نَفطيّ. الحياةُ على مِنصَّات استِخْراج النِّفْط قاسيةٌ مُلوَّثة، وأحيانًا خَطِرة؛ لكِنَّها، عادةً، مُجزيةٌ بالأجْر المُرتفِع.

اِكْتِشافُ النِّفْط وإنتاجُه

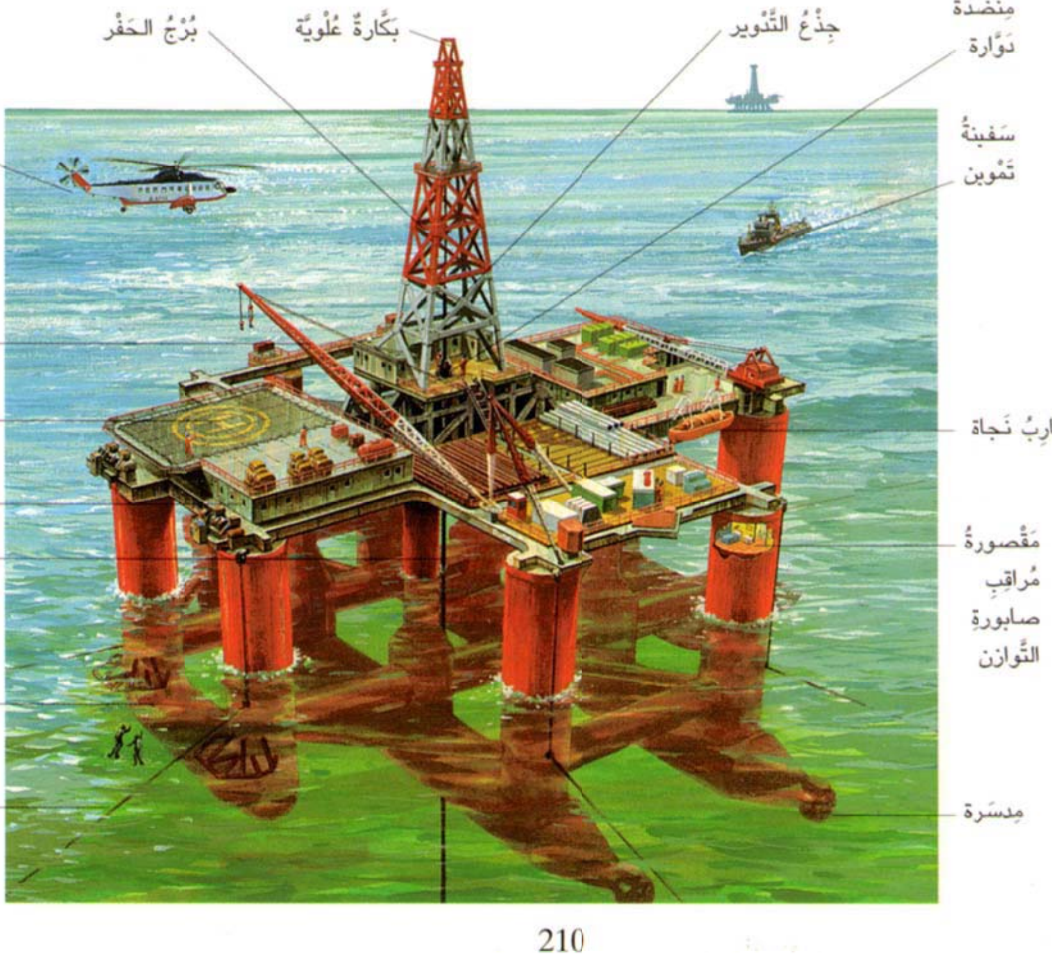
يُسَمَّى البَحْثُ عن النِّفْطِ تَنْقيبًا؛ ويُسَمَّى استِخْراجُه من مَكامِنه الطبيعيَّة إنتاجًا.

يَنْزِعُ النِّفْطُ عند تكوُّنِه في باطِنِ الأرض إلى السُّروبِ صُعُدًا عَبْرَ الصُّخورِ المَساميَّةِ نحو السَّطْح. فإذا صادفَ سَقْفًا من الصَّخْرِ الأصَمِّ اللَّامَساميِّ، فإنَّه يُحْتَبَسُ ويُكَوِّن مَكْمنًا نَفطيًّا أشبهَ بِمُسْتَودعٍ ضَخْمٍ.



يَتجَمَّعُ النِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ في قُبَبٍ أو حُيُودٍ من الصَّخْرِ المَساميِّ الواقِعِ تحتَ صخرٍ مُصْمَتٍ. وعندَ ثَقْبِ الصَّخْرِ فوقَ المَكْمَن بمِثْقابِ حَفْر، فإنَّ الضغطَ الطبيعيَّ في المَكْمَنِ يدفَعُ الغازَ والنِّفْطَ نافوريًّا إلى السَّطْح.

يُوجَدُ الكثيرُ من المكامن النفطيَّةِ في عُرْضِ البَحْر. أحدُ أنماطِ مِنصَّاتِ استِخْراجِ النِّفْط يَطْفو على أرماثٍ (أطوافٍ) ضخمة، ويُثبَّتُ في موقعِه بِمُحَرِّكاتٍ حاسُوبيَّةِ التحَكُّم. وتُغَطِّسُ من المِنَصَّاتِ مَثاقِبُ حَفْرٍ ضَخْمةٌ إلى قاعِ البَحْر بَحْثًا عن قُراراتِ النِّفْط.







▲ خطُّ الأنابيب عَبْرَ ألاسْكا يَنْقُلُ النِّفْطَ الخامَ عَبْرَ 1284 كم يَصْفُها أراضٍ مُتجمِّدة – قاطِعًا ثلاثَ سلاسِلَ جبليَّةٍ وأكثرَ من 300 نَهْرٍ وجَدْول. ويَبْلُغُ قُطْرُ خَطِّ الأنابيب هذا 1,2 متر، وبإمكانِه نَقْلُ مليونَي برميل من النِّفْطِ الخام يوميًّا.

◄ كثيرًا ما يُنْقَلُ النِّفْطُ بِسُفُنٍ صِهْريجيَّةٍ أو ناقِلاتٍ ضَخْمة. والناقِلاتُ الأضخم، كناقِلةِ النِّفْط آرْكو ألاسْكا، تُسَمَّى ناقِلاتٍ عملاقةً، وقد يَبْلُغُ طولُها مئاتِ الأمْتار.

الجيُولوجيُّون يَعْرفون أنماطَ الصُّخور التي يُحتَمَلُ أنْ يَتَجَمَّعَ فيها النِّفْط. وقد طَوَّروا تِقانيَّاتٍ مِساحيَّةً تُساعِدُهم في تَحديدِ الأماكنِ التي يُرَجَّحُ تواجدُ القَرارات النفطيَّة فيها.

أحَدُ هذه الأساليب في المَسْحِ السِّيزْموغرافيّ يَنْطوي على إحداثِ انْفِجاراتٍ تُرسِلُ ذَبْذباتٍ جَوْفيَّةً (تحت أرضيَّة)؛ ثُمَّ تسْتَبان أصْداءُ هذه التَّفْجيراتِ وتُحَلَّلُ لِتَكْوينِ صورةٍ لِلْبِنْيةِ الصَّخْريَّةِ الجَوْفيَّة. فإذا كان احتِمالُ تواجُد النِّفْط في تلك البِنْيَة مُرَجَّحًا، يُحْفَرُ عدَدٌ من الآبارِ الإخْتِباريَّة. فإنْ تأيَّدَ تواجُدُ النِّفْط، تُتَمَّمُ الاستِعداداتُ لتهيئةِ الموقِع وحَفْرِ آبارِ الإنتاج في الحَقْل.

يُقاس إنتاجُ النِّفْط بوَحْدَة البرميل – عِلْمًا أنَّ بِرميلَ النِّفْط يُعادِلُ 159 لِترًا. يبلُغُ الإنتاجُ العالميُّ الحاليُّ من النِّفْط الخام حوالَى 000 25 مليون برميل سَنويًّا. ويُقَدِّرُ الخُبَراءُ أنَّ هناك ما بين 1,5 إلى بِلْيونَي بِرميل من النِّفْط المُتَبقّي في مَكامنَ جَوفيَّةٍ يُمكِنُ استِخْراجُها في المُسْتَقْبَل.

تكْريرُ النِّفْط

يُنْقَلُ النِّفْطُ الخامُ إلى مَعامِلِ التَّكْرير بواسِطةِ خُطوطِ الأنابيب أو السُّفُنِ الصِّهْريجيَّةِ الضَّخْمة. وهناكَ تُسْتَخْدَمُ عمليَّةُ التَّقْطير التَّجْزيئيّ لِفَصْلِه إلى مَزيجاتٍ من المُنْتَجاتِ ذاتِ دَرَجاتِ الغَلَيانِ المُتَقارِبَة. ثُمَّ تُعالَجُ هذه المَزيجاتُ مُعالَجةً إضافيَّةً لإنتاجِ مدًى مُتَبايِنِ النوعيَّة من الوُقُدِ وعَددٍ وافِرٍ من الموادِّ الأوَّليَّةِ للصِّناعاتِ الكيماويَّة.



▲ يُشْتَقُّ من النِّفْطِ عَددٌ هائلٌ من المُنْتَجاتِ – تَشْمَلُ المَكْثورات (البوليمَرات)، ومُذيباتِ الدِّهاناتِ، وزُيوتَ التَّزْليق، والشُّموعَ، والوُقُد.

► يُعالَجُ النِّفْطُ الخامُ في مَعامِلِ تكريرٍ ضَخْمةٍ كهٰذا المَعْمل – حيثُ يَبْلُغ ارتفاعُ أعمِدةِ التَّجْزئة قُرابةَ 75 مترًا تُفْصَلُ فيها مُقَوِّماتُ النِّفْط وتُجْمَع.



أنْظُر أيضًا

الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175

البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191

البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215

اللدائن ص 216

الموارِد الطبيعيَّة ص 456

الغازُ الطَّبيعيُّ

الغازُ الطبيعيُّ مَورِدُ طاقةٍ مُهِمٌّ. فهو، إضافةً إلى استِخْدامه لتَوفيرِ الحرارة والطاقة، مادَّةٌ أَوَّليَّةٌ مُهِمَّةٌ للصِّناعةِ الكيماويَّة.



مناطيدُ الهواء السَّاخن تَحْرِقُ البروبان أو البيُوتان من أُسْطُواناتٍ لِتَسْخينِ الهواءِ داخِلَ المُنْطاد ورَفْعِه في الجَوِّ.

الغازُ الطبيعيُّ، كالنِّفْطِ الخام، تكوَّنَ من بَقايا المُتعَضِّيات البَحْريَّة على مَدى مَلايين السِّنين. وهو أيضًا يَتجَمَّعُ في أنماطٍ من البِنَى الصَّخْريَّة حيثُ يتواجَدُ النِّفْطُ الخام. لذا تتواجَدُ التجمُّعاتُ الغازيَّةُ غالبًا مُرافقةً للتَّجمُّعات النِّفْطيَّة.

المُقَوِّمُ الرئيسيُّ للغازِ الطبيعيِّ هو الميثان – أبسَطُ وأخَفُّ الهِدْروكربونات (مُركَّبات الكربون والهِدْروجين). وتوجَدُ، مَمْزوجةً مع الميثان، كمِّيَّاتٌ أقلُّ من الهِدْروكربونات الأُخرى كالإيثان والبروبان والبيُوتان.

يُوفِّرُ الغازُ الطبيعيُّ تقريبًا خُمْسَ مَواردِ الطاقة في العالَم. كما إنَّ مُقوِّماتِه هي أيضًا موادُّ أوَّليَّةٌ مُهِمَّةٌ للعمليَّاتِ الكيماويَّة.



يُحْرَقُ فائضُ الغاز الطبيعيّ أحيانًا في شُعَل (ج. شُعْلة)، كهذه الشُّعْلةِ على مِنَصَّةٍ لإنتاجِ الغاز في بَحْر الشَّمال.



يَخْتلِفُ تركيبُ الغاز الطبيعيّ حسَبَ مَوقعِ استِخْراجه، فغازُ بَحْرِ الشَّمال يَحْوي 92% ميثان وَ 3,5% إيثان وَ 2,5% نِتْروجين وَ 1% بروبان.

مُعْظَمُ الغازِ الطبيعيِّ في العالَم مَصْدرُه آبارٌ في كَنَدا، وسَيْبيريا، والولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة؛ واحتياطيُّ الغازِ في إيران والإمارات العربيَّة المُتَّحدة والمملكة العربيَّة السعوديَّة يأتي في الطليعة بعدَ سَيْبيريا.

إنتاجُ الغاز ومُعالَجتُه

يُسْتَخْرَجُ الغازُ الطبيعيُّ من آبارٍ شَبيهةٍ بآبارِ النِّفْط. يوجَدُ الكثيرُ من تجمُّعاتِ الغاز على مَبْعدَةٍ من الشاطئ ويَتِمُّ نَقْلُ الغازِ بالأنابيب من مِنَصَّاتِ الإنتاج المُشاطِئَة إلى نُقْطةِ تجميعٍ على الشاطئ ومنها إلى مَعْمَلِ تَكْريرٍ حيثُ يُنَقَّى.

في مَرْحلةِ التَّنْقيَةِ الأُولى، يُزالُ الماءُ وأيُّ سوائلَ أُخرى من الغازِ بفِعْلِ الجاذبيَّة. ثُمَّ يُمَرَّرُ الغازُ الجافُّ عَبْرَ مُبَرِّدٍ حيثُ يَتَسَيَّلُ البروبان والبيُوتان ويُجْمَعان. ويُسَوَّقُ غازا البترول المُسَيَّلان كموادَّ أوَّليَّةٍ لِتَصْنيعِ الكيماويَّات أو يُعَبَّآ في قواريرَ كوَقُودٍ للسَّخَّاناتِ ومَواقِدِ الطَّبْخ في المنازِل.

ما يتبَقَّى من الغازِ الطبيعيِّ يُمكِنُ ضَخُّه عَبْرَ شَبكةِ إمدادٍ أو يُمكِنُ تَسْييلُه بالتبريد والضغط وتَسويقُه كغازٍ طبيعيٍّ مُسَيَّل. الغازُ الطبيعيُّ المُسَيَّلُ يَشْغَلُ حَيِّزًا أقلَّ بكثير من حَجْمِه غازًا؛ وهذا يُيَسِّرُ شَحْنَهُ في الناقِلاتِ الصِّهريجيَّة.

هذا المَنْظَرُ، على امتِداد ظَهْرِ ناقلةِ غازٍ طبيعيٍّ مُسَيَّل، يُبَيِّنُ رؤوسَ خزَّاناتِها الفولاذيَّة الضَّخْمة المَعْزولة. هذه الخَزَّاناتُ تَحْوي غازًا مُسَيَّلًا على دَرجةِ – 162°س.





الغازُ المُعَبَّأُ في قواريرَ مَصْدَرُ وَقُودٍ نَقُولٍ مُيَسَّرٍ لكثيرٍ من الأجهزة كالدَّفَّايات والمَواقد وشوَّايات اللَّحْم العامِلَة بالغاز.

أُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170

البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191

مَحَطَّاتُ توليدِ القُدْرة ص 348

الفَحْمُ الحَجَريّ

الفَحْمُ الحَجَريُّ شَكْلٌ غيرُ نَقِيّ من الكربون تكَوَّنَ من بَقايا نَباتاتٍ ما قَبْل التاريخ. هذا الفَحْمُ يَحْترِقُ بِسُهولةٍ فائقةٍ، مُطلِقًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الحرارة.

الفَحْمُ الحَجَريُّ، كالنِّفْطِ والغازِ الطبيعيّ، وَقودٌ أُحفوريّ. وَبينما تكَوَّنَ النِّفْطُ والغازُ من بَقايا مُتعضِّياتٍ حَيَّةٍ، فإنَّ الفَحْمَ الحَجَريَّ تكَوَّنَ من بَقايا نَباتاتٍ، من جِراجٍ ما قَبْلِ التاريخ، تفسَّخت وانحلَّتْ وتَفحَّمَتْ بالحرارة وضَغْطِ الطبَقاتِ الصخريَّةِ فوقها.

هنالكَ ثلاثةُ أنواعٍ رئيسيَّةٍ من الفَحْم الحجريّ هي الأنثراسَيْت والفَحْم القاريّ واللجْنَيْت - كُلُّ نوعٍ منها يَحوي كمِّيَّةً مُختلِفةً من الكربون. فالأنْثراسيتُ، أنفَسُ أشكالِ الفَحْمِ الحَجَري، يحوي حوالى 95% كربونًا. ويَحوي الفحمُ القاريُّ حوالى 70% كربونًا، بينما يَحوي اللجْنَيْتُ (أو الفَحْم البُنِّيُّ) أقلَّ من 50%. ويَتواجدُ مُعْظمُ الفَحْم في نُطُقٍ أو طبَقاتٍ في باطِنِ الأرض.

تَسْتَخرِجُ صناعةُ تَعْدين الفَحْم الحَجَريّ ما يفوقُ 4 إلى 5 ملايين طُنٍّ من الفَحْمِ سَنويًا. وأكثرُ من نِصْفِ هذه الكمِّيَّات تُعَدَّنُ في الصِّين والولايات المتّحدة الأمريكيَّة. أمّا كمِّيَّةُ الفَحْم التي تُتوَقَّعُ إمكانيَّةُ تَعْدينِها مُسْتقبلًا من الاحتِياطيَّاتِ المَعْروفةِ فتُساوي حوالى 1200 بِليون طُنّ.



الأنْثراسَيْت، أَصْلَدُ أشكالِ الفَحْم الحَجَريّ. وهو عِند احتِراقِه يُطلِقُ حرارةً أكثرَ من أيِّ نَوعٍ آخرَ من الفَحْم - كَوْنَهُ يَحوي حوالى 95% من الكربون النَّقِيّ. الغرافيتُ شَكْلٌ آخَرُ من الكربون يُستَخْدَمُ في تَشْحيمِ الآلات الدَّقيقةِ وصُنْعِ مادّةِ أقلامِ الرَّصاص.

استِخْداماتُ الفَحْم الحَجَريّ

كانَ الفَحْمُ الحَجَريُّ الوَقودَ الأساسيَّ للثَّورةِ الصِّناعيَّةِ في نِهايةِ القَرْن الثامِنَ عَشَر. فقَدْ زَوَّدَ المُحرِّكاتِ البُخاريَّةَ بالقُدْرة واستُخْدِمَ في تَصْنيعِ الحديد والفُولاذ. حاليًّا، يُحْرَقُ مُعْظَمُ الفَحْم، في مَحطَّاتِ القُدْرةِ لِتوليدِ الكَهْرباء. ومَحطَّاتُ القُدْرةِ العامِلَةُ بالفَحْم تَسْتَخدِمُ مُرَشِّحاتٍ ونبائطَ مُختلِفةً لاحتِباسِ السِّناجِ والمُلَوِّثاتِ الأُخرى الناتجةِ من احتِراقِ الفَحْم.

عندما يُحْمَى الفَحْمُ في إنْبيقٍ أو حَيِّزٍ في مَعْزِلٍ عن الهواء، يُطلِقُ غازًا وزَيْتًا وقارًا. الغازُ يُمكِنُ حَرْقُه كوَقُود؛ والزَّيْتُ والقارُ يَحويان كيماويَّاتٍ يُمكِنُ استِخْدامُها في تَصْنيعِ مُنْتجاتٍ كالأصْباغِ والعُطورِ والألْيافِ الاصطِناعيَّة. والمُتَخَلِّفُ الجامِدُ في الإنْبيقِ أو الحَيِّز هو فَحْمُ الكُوك الذي يُستَخْدَمُ كوَقُودٍ لادُخانِيّ وفي صُنْعِ الحديد.



تَعْدينُ الفَحْم الحَجَريّ

في تَعْدينِ الفَحْم تُسْتَخْدَمُ أنماطٌ مُخْتلِفةٌ من المَناجِم وتِقانيَّاتِ التَّعْدين تبَعًا لِطبيعةِ الأرضِ وعُمْقِ طبَقاتِ الفَحْم فيها. القَراراتُ العَميقةُ يُمكِنُ بُلوغُها عَبْرَ مَهاوٍ عَموديَّةٍ وأنْفاقٍ أُفُقيَّةٍ تُحْفَرُ في طبقةِ الفَحْم. امّا تلكَ المُتَواجِدَةُ على مَقْرُبةٍ من السَّطْح فتُعَدَّنُ في مناجِمَ جَرْفيَّةٍ ومناجِمَ مَكْشوفةٍ انجِداريَّةٍ - تَكْلُفَةُ إنشائها وتَشْغيلِها أقلُّ بكثيرٍ من المناجِمِ البِئريَّة.

أنْظُر أيضًا

المَطّاط

يُصنَعُ المَطّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ شَجَرِ المَطّاط. أمّا المَطّاطُ الاصْطِناعيُّ فيُحضَر بالصِّناعةِ الكيماويَّة من النِّفْط. وكلا النوعين مادَّةٌ مُتعدِّدةُ الاستِعْمال على نِطاقٍ واسعٍ في مُختلِفِ المَجالات.



المَطّاطُ الطبيعيُّ والاصْطِناعيُّ كلاهما يُسْتَخْدمان في صُنْعِ مُنْتَجاتٍ مُنوَّعة. المَطّاطُ مادَّةٌ مَرُونةٌ سَهْلةُ القَبْضَةِ وصامِدَةٌ للماء.

منذُ مئاتِ السِّنين يَجري إنتاجُ المَطّاطِ الطبيعيّ بِبَزْلِ النُّسْغِ (العُصارةِ اللَّبَنيَّة) دَوريًّا من شَجَرِ المَطّاطِ وتَرْكِه يَجِفُّ ويَتَصلَّد.

خِلالَ القَرْنِ العِشْرين، أتاحَ التقدُّمُ في الكيميائيّاتِ تَصْنيعَ نوعٍ اصْطِناعيٍّ من المَطّاطِ باستِخْدامِ كيماويّاتٍ مُشْتَقَّةٍ من النِّفْط. ويُشَكِّلُ المَطّاطُ الاصطِناعيُّ اليومَ حوالى الثُّلُثَيْن من الـ 18 مليون طُنٍّ من المَطّاطِ المُنْتَجِ سَنويًّا.

يُمكِنُ مُعالَجةُ المَطّاطِ بطُرقٍ مُختلِفةٍ لإكْسابِه مَتانةً مَرُونةً تجعَلُه صالِحًا لِصُنْعِ مدًى واسعًا من المُنْتَجاتِ تشمَلُ الملابِسَ وخراطيمَ المياه وإطاراتِ المَرْكَبات.

خَصائصُ المَطّاطِ كمُخمِّدٍ للصَّدَمات تجعَلُه مُلائمًا أيضًا لآليّاتِ تَعْليقِ السيّارات وكقواعدَ لِتَخْفيضِ الاهْتِزازاتِ التي تُسَبِّبُها المكِناتُ الصِّناعيَّة.

وحيثُ إنَّ المَطّاطَ صامِدٌ للماء، فإنَّه يُسْتَخْدمُ في صُنْعِ أطقُمِ الغَوْص ومَعاطِفِ المَطَرِ والأنابيبِ الطِّبّيَّة. وهو، كعازِلٍ جيِّدٍ للكهرباء، يُستَخْدمُ غالِبًا في تَغْليفِ كبُولِ نَقْلِ القُدْرةِ الكهربائيَّة.

كذلك يُمكِنُ تَضْريبُ المَطّاطِ وخَفْقُه إلى رُغاوةٍ تَحوي ملايينَ فَقاقيعِ الهواء. هذه الرُّغاوةُ يُمكِنُ صَوغُها في قَوالِبَ واستِخْدامُها لِتَصْنيعِ مُنَوَّعاتٍ من المُنْتَجاتِ الخَفيفةِ الوَزْن كالإسفَنْجِ والوَسائد.



يُقدَّرُ أنَّ الطاقةَ الناتِجَةَ عن حَرْقِ إطارٍ واحدٍ من المَطّاط تكفي لتامينِ الاحتِياجاتِ الطاقيَّةِ اليوميَّةِ لِمَنْزِلٍ نَمُوذجيّ. وَحْدَةُ توليدِ القُدْرةِ هذه، في كاليفورنيا، تُنْتِجُ الطاقةَ بِحَرْقِ أكثرَ من 4 ملايين إطارٍ مُسْتَهْلَكٍ سَنَويًّا.

مَطّاطٌ مُفَلْكَن

لُيونةُ المَطّاطِ الخامِ تَحُدُّ من استِخْداماتِه كما هو. لكِنْ يُمكِنُ تَصْليدُه بالإحماءِ مع الكِبْريت في عمليَّةٍ تُسَمَّى الفَلْكَنَة.

جُزَيئاتُ المَطّاطِ ذاتُ شَكْلٍ مُتَعَرِّجٍ طويل؛ وهي تَسْتَقيمُ عندما يُمَطُّ المَطّاطُ، لكِنَّها أيضًا تَنْقطِعُ بِسُهولة. الفَلْكَنَةُ تجعَلُ المَطّاطَ يُشَكِّلُ روابطَ جانبيَّةً بينَ الجُزَيئات. وهذا يُكسِبُه متانةً وقُوَّةً؛ وهو يَظَلُّ يَمْتَطُّ بالشَّدِّ، لكِنَّه يَرْتَدُّ بِسُرعةٍ إلى شَكْلِه الأصْليِّ عندَ إعتاقِه.



▲ كُراتُ الغولْفِ الثُّلاثيَّةُ القِطَعِ تُصْنَعُ من لُبٍّ قَلْبيٍّ جامِدٍ او من كُرَةٍ من المَطّاط اللَّثْيِيّ مُعبَّاةٍ بالماء. ويُلَفُّ حولَ اللُّبِّ شَريطٌ مَطّاطيٌّ رفيعٌ طولُه عِدَّةُ كيلومترات. وتُحاطُ كُرَةُ الغولْفِ بِغِلافٍ لدائنيٍّ مَتينٍ مُخَوَّش.



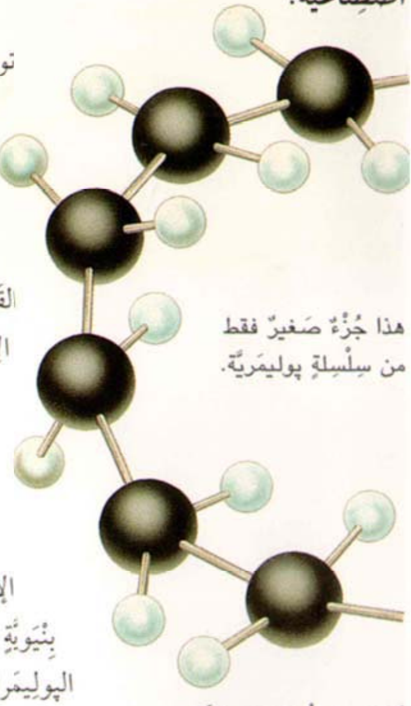
◄ يُصْنَعُ المَطّاطُ الطبيعيُّ من نُسْغِ أشجارِ المَطّاط، التي تَنْمو في المَناطقِ المَداريَّة. يُبْزَلُ النُّسْغُ اللَّبَنيُّ، المُسَمّى اللَّثْيَ، من جِذْعِ الشَّجَرة ويُخَثَّر، ثُمَّ يُدَلْفَنُ ويُجَفَّف. ويُمكِنُ صَبْغُ المَطّاطِ الخامِ وتَشْكيلُه أو قَولَبَتُه لِتكوينِ المُنْتَجاتِ المُخْتلِفة.

أُنْظُر أيضًا

الكيمياءُ العُضْويَّة ص 174 – 175
الكِبْريت ص 181
البِتْروكيماويّات ص 190 – 191
البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215
اللَّدائن ص 216

البوليمَرات (المَكْثُورات)

البوليمَراتُ (المَكْثُوراتُ) جُزَيئاتٌ ضَخْمةٌ جدًّا يَتألَّفُ واحدُها من آلافِ الجُزَيئاتِ الأَصغرِ (المُونومِرات) مُتَرابطةً معًا كيماويًّا. وقد تكونُ البوليمَراتُ طبيعيَّةً أو اصْطِناعيَّةً.



هذا جُزْءٌ صَغيرٌ فقط من سِلْسِلةٍ بوليمَريَّة.

نوجدُ البوليمَراتُ كثيرًا في الطبيعة. فالنَّشا والحامضُ النوويُّ د ن أ والخشَبُ والبروتيناتُ كُلُّها بُوليمرات - كما إنَّ بعضَ الأَلْيافِ الطبيعيَّة، كالصُّوفِ والحَرير هي بوليمرات.

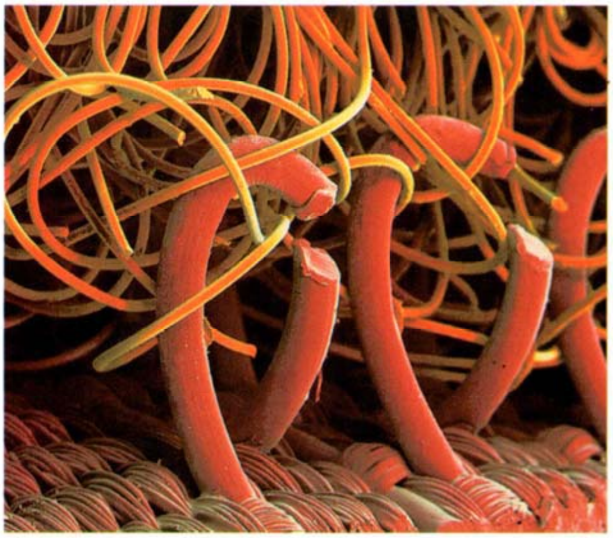
البوليمراتُ الاصطِناعيَّةُ عُرِفَت مُنْذُ أواخرِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر؛ وهي قِوامُ جميعِ اللَّدائن والأَلْيافِ الاصطِناعيَّة.

تَتألَّفُ البوليمراتُ من جُزَيئاتٍ سِلْسِليَّةٍ طويلةٍ تُصنَعُ بِضَمِّ جُزَيئاتٍ أصغرَ، تُسَمَّى مونومِراتٍ (مَوْحُوداتٍ)، معًا. فالبوليثيلين، مثلًا، يُصنَعُ بِضَمِّ آلافٍ عَديدةٍ من جُزَيئاتِ مَوْحُودِ الإثيلين. وتأخُذُ البوليمراتُ عادةً أحدَ ثلاثةِ أَنْماطٍ بِنْيَويَّةٍ هي الخَطِّيَّةُ أو المُتفرِّعةُ أو المُتصالِبَةُ التَّرابُط.

البولِيمَراتُ الخطِّيَّةُ تتألَّفُ من سلاسِلَ بَسيطةٍ طويلةٍ من المُونومِرات (المَوْحُودات). فالنَّيْلون وكلوريد الفاينْل المُتعدِّد هما بُوليمران خطِّيّان. بَعْضُ البوليمراتِ الخطِّيَّةِ تَحوي سَلاسِلَ مُلَوَّاةً تَستَقيمُ عندما تُمَطُّ، لكنَّها تَرْتَدُّ فورًا إلى وَضْعِها السابقِ عند زوالِ القُوَّة. وهذا يُكسِبُ بعضَ البوليمراتِ مَرُونيَّةً وقابليَّةً للتثَنِّي.

البوليمَراتُ المُتفرِّعةُ تَحوي سلاسِلَ أقصرَ مُتَّصِلَةً على طُولِ سَلاسِلِها الأساسيَّة - أشبَهُ بأسنانِ المِشْط.

البوليمراتُ المُتصالِبَةُ التَّرابُطِ تَحوي عُرًى وَصْلٍ حَلْقيَّةً بين سَلاسِلِها تَجْعَلُ المَكْثُورَ أَصْلَدَ وأقلَّ مَرُونيَّةً.



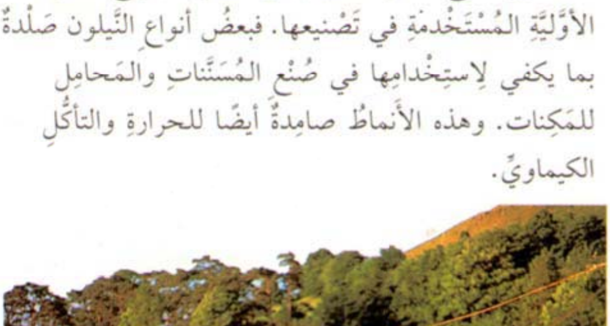
الفِلْكرو، المُبَيَّنُ هنا مُكَبَّرًا 24 مَرَّةً، يَتألَّفُ من نَسْجَتَين من النَّيْلون. الخطاطيفُ السُّفْليَّةُ تَعْلَقُ بالشُّعَيْراتِ الأنشوطيَّةِ العُلْويَّة.

النَّيْلون

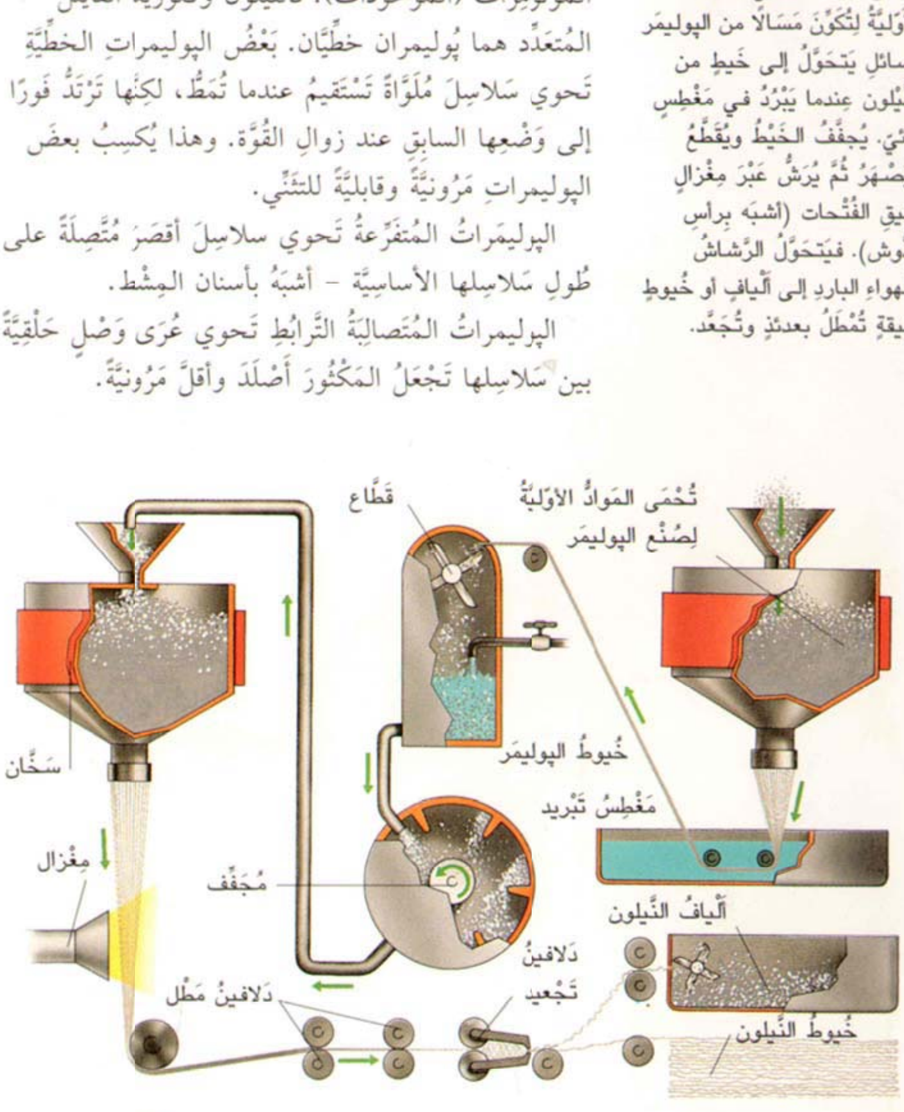
كان النَّيْلون أوّلَ الخيوطِ الاصطِناعيَّة في العالَم. وكان الكيميائيُّ الأمريكيُّ والاس هـ. كاروثَرْز (1896 – 1937) رائدَ تَطْويره في عَقْدِ الثلاثينيَّات من القَرْنِ العِشْرين.

صُمِّمَ النَّيلون أَصْلًا كَبَديلٍ رَخيصِ الثَّمَن للحَرير. فخُيوطُه أَمْتَنُ من خُيوطِ القُطْنِ والصُّوف؛ ويُمكِنُ مَزْجُه مع الخيوطِ الطبيعيَّةِ أو يُستَخْدَمُ مُستقِلًّا في صُنْعِ الخيُوطِ المَبرومة لِحِياكة النُّسُج.

يُمكِنُ صُنْعُ أنماطٍ مُخْتلِفةٍ من النَّيلون بتَنْويعِ الموادِّ الأَوَّليَّةِ المُستَخْدَمةِ في تَصْنيعها. فبعضُ أنواعِ النَّيلون صَلْدةٌ بما يكفي لِاستِخْدامِها في صُنْعِ المُسَنَّناتِ والمَحامِلِ للمَكِنات. وهذه الأنماطُ صامِدةٌ أيضًا للحرارةِ والتأكُّلِ الكيماويِّ.



▲ صَيَّادُ السَّمَك هذا يَستَخْدِمُ خَيْطًا من النَّيلون على قَصَبَتِه. مَتانةُ النَّيلون تجعَلُه مِثاليًّا لهذا الغَرَض.



تُحْمَى موادُّ تَصْنيعِ النَّيْلون الأَوَّليَّةُ لِتُكَوِّنَ مَسالًا من البوليمَر السائلِ يَتحَوَّلُ إلى خَيطٍ من النَّيلون عِندما يَبْرُدُ في مَغْطِسٍ مائيٍّ. يُجفَّفُ الخَيْطُ ويُقَطَّعُ ويُصْهَرُ ثُمَّ يُرَشُّ عَبْرَ مِغْزالٍ دقيقِ الفُتُحات (أشبَهَ بِرأسِ الدُّوش). فيَتَحَوَّلُ الرَّشاشُ بالهواءِ البارِدِ إلى أَلْيافٍ أو خُيوطٍ دقيقةٍ تُمْطَلُ بعدئذٍ وتُجَعَّد.

أُنْظُر أيضًا

الكربون ص 170
الكيمياءُ العُضْويَّةُ ص 174 – 175
اللَّدائن ص 216
اللَّواصِق ص 218

اللَّدائن

اللَّدائنُ مَوادُّ مَطولةٌ سَهْلةُ المَدِّ والتشكيل؛ ومُعْظَمُها مُصَنَّعٌ من كيماويَّاتٍ مُشْتَقَّةٍ من النِّفْط.



جُدْران مَلْعب السكواش الاستِعراضيِّ هذا مَصْنوعةٌ من البِرسْپِكْس الشَّفَّافِ كالزُّجاج، لكنِ الأكثرِ منه مُقاوَمةً للصَّدَماتِ العاليةِ السُّرعة.



الكثيرُ من الأشياءِ المألوفة، كعُلَبِ الأدواتِ الكهربائيَّةِ والأكياسِ وحاوياتِ الأشربةِ والخُوَذِ الرياضيَّةِ تُصنَّعُ من أنواعٍ مُخْتلفةٍ من اللَّدائن.

اللَّدائنُ شَكْلٌ من البوليمَرات. وقد صُنِعتِ اللَّدائنُ الأُولى، كالسِّلّيولويد، من بوليمَراتٍ طبيعيَّة. كان الباكليتُ، الذي ابتكَره الكيميائيُّ الأمريكيُّ لِيُوبيكلَنْد عام 1907، أوَّلَ لَدينةٍ اصْطِناعيَّةٍ بالكامِل. ومنذُئذٍ طُوِّرتْ مئاتُ اللَّدائن المُخْتلِفةِ، صُنِعتْ كُلُّها تقريبًا من كيماويَّاتٍ مُشْتَقَّةٍ من النِّفْط.

الاستِخْداماتُ الواسِعَةُ النِّطاق لِلَّدائن تَعودُ إلى خصائصِها. فهي قد تكونُ جاسِئةً يابسَةً أو مَرونةً قابلةً للتثَنِّي، كما يُمكِنُ أنْ تُلَوَّنَ وتُصاغَ وتُشَكَّلَ بطرائقَ مُتعَدِّدة. واللَّدائنُ عوازلُ كهربائيَّةٌ جيِّدة، والكثيرُ منها مُقاومٌ للتأكُّلِ الكيماويّ.

وتَختلِفُ اللَّدائنُ من حيثُ سلوكُها عندَ الإحماء. فبعضُ اللَّدائن تَلِينُ بالإحماءِ، كالپوليثين - وتُسَمَّى هذه اللَّدائنَ الحراريَّة.

وبعضُ اللَّدائنِ الأُخرى، المُسَمَّاةُ الحراريَّةَ التَّصلُّب، تتصَلَّدُ بالإحماء. ومتَى تَمَّ توَضُّعُها الصَّلدُ خِلالَ التَّصنيع، فلا يُمكِنُ إعادةُ تشكيلِها. القوابِسُ الكهربائيَّةُ تُصنَعُ من اللَّدائنِ الحراريَّةِ التَّصلُّب؛ لذا فهي لا تَنْصَهِرُ إذا ما تعرَّضتِ الأَسْلاكُ بِداخِلِها إلى إحماءٍ زائد.

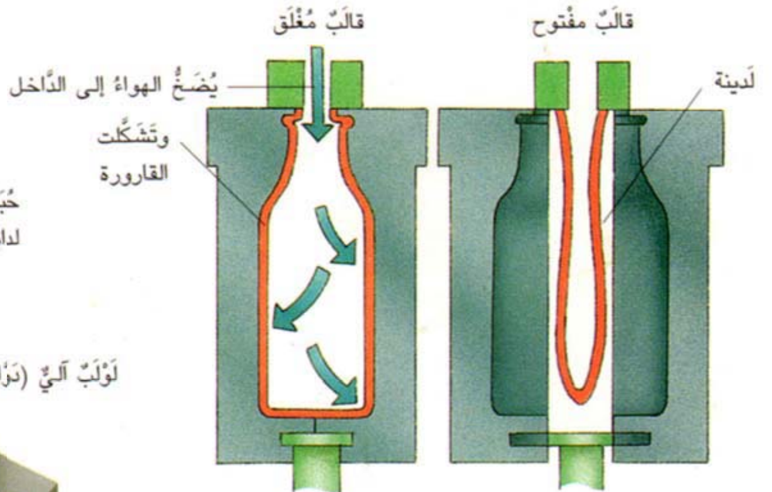


تُصنَّعُ بعضُ الأدوات، كفراشي الأسنان وأمشاطِ الشَّعْر، بتَشْكيلِ اللَّدائن في قوالِب. أمَّا هُلْبُ فراشي الأسنان فهي أليافٌ من النَّيلون.

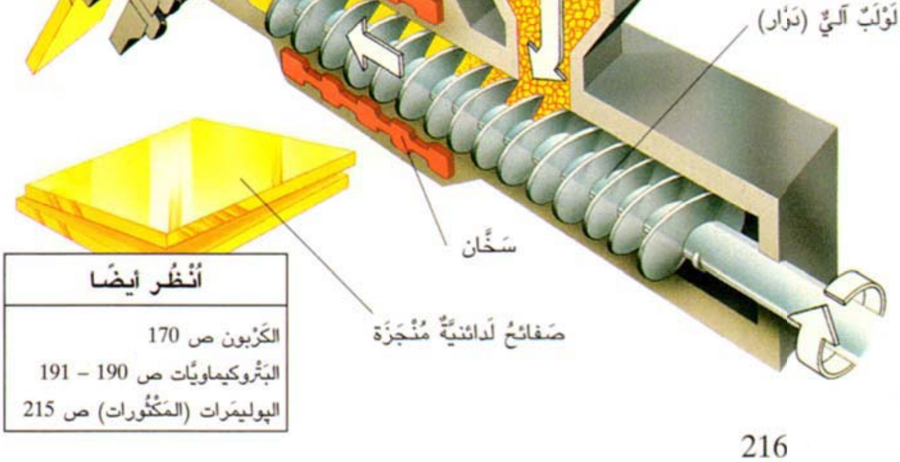
قضايا بيئيَّة

خاصَّةُ المُقاوَمةِ الكيماويَّةِ لِلَّدائن جيِّدةٌ ومُفيدةٌ في مُعظمِ استِخْداماتِها. لكِنَّ هذه المُقاوَمَةَ تَغْدو مُشْكِلةً في المَرادمِ الأرضيَّةِ للنُّفايات. فالبَكْتِريا التي تُسَبِّبُ الإنحِلالَ الحيَويَّ أو التعطُّنَ، في الموادِّ الدَّروكةِ حيَويًّا، كالخشَبِ والوَرَقِ والألْيافِ الطبيعيَّةِ لا يُمكِنُها تَعْطينُ مُعْظمِ اللَّدائن. ونَتيجةً لذلك، تَبْقَى الموادُّ اللَّدائنيَّةُ في المَرادِمِ الأرضيَّةِ دُونَ تَغَيُّر.

ويَقومُ العلماءُ بتَطْويرِ لدائنَ دَروكةٍ حَيويًّا، قِوامُ بعضِها موادُّ نباتيَّة. لكِنْ تَظَلُّ إعادةُ تَدْويرِ القَدْرِ الأَقصى المُمْكِنِ من اللَّدائن الطريقةَ العَمَليَّةَ الأَجْدى لِتجَنُّبِ تَراكُمِ اللَّدائن في مَواقِعِ المَرادِم.



▲ القَواريرُ والأجْسامُ المُجَوَّفةُ الأُخرى تُصنَّعُ عادةً بقَولَبةِ اللَّدينةِ بالنَّفْخ. فتُضْغَطُ اللَّدينةُ السَّاخِنَةُ بالهواءِ المَنْفوخ نحو سُطوحِ القالبِ الخارجيَّةِ وتَتَّخِذُ شَكْلَه.



◄ يُسْتَخْدمُ التشكيلُ بالبَثْقِ في تَصْنيعِ الصَّفائحِ اللَّدائنيَّة. فتُمْزَجُ الحُبَيْباتُ اللَّدائنيَّةُ وتُلَيَّنُ بالحرارة قبلَ دَفْعِها عَبْرَ فُتْحةٍ بواسِطةِ لَوْلَبٍ آليّ.

أُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
البِتْروكيماويَّات ص 190 – 191
البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215

المَوادُّ الجديدة

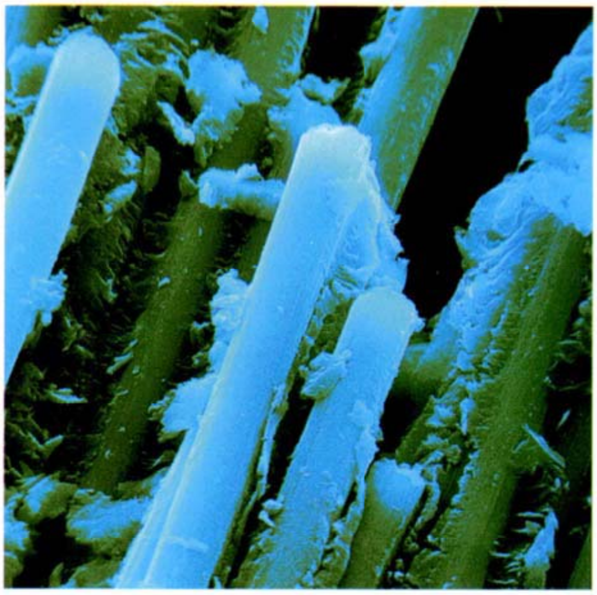
تَحُلُّ الموادُّ الجديدةُ محَلَّ الموادِّ التَّقْليديَّة بشَكْلٍ مُتزايدٍ في تَطْبيقاتٍ واستِعمالاتٍ تُضفي فيها الموادُّ الجديدةُ تَحْسيناتٍ هامَّةً أو تَعودُ بفوائد مَحْسوسة.

لقد ازدادَ مَدى الموادِّ المُتاحةِ للبناءِ وتَصْنيعِ السِّلَعِ بشَكْلٍ هائلٍ، بخاصَّةٍ منذُ بدايةِ القَرْنِ العِشْرين.

فالكثيرُ من الموادِّ الجديدة، كالخَرَسانةِ والفُولاذ، يَفْضُلُ الموادَّ التقليديَّةَ بتفوُّقٍ واضِحٍ. وكثيرًا ما يكونُ التَّحْسينُ في المَتانةِ والوَزْنِ وسُهولةِ التَّشكيلِ ومُقاوَمةِ درجاتِ الحرارةِ الدُّنيا والقُصْوى. وفي بعضِ الحالات، قد تكونُ المادَّةُ الجديدةُ أرخَصَ ثَمنًا، أو أفضلَ بيئيًّا، من المادَّةِ التقليديَّة.



تُسْتَخْدَمُ موادُّ أساسُها أليافٌ كربونيَّةٌ في صُنْعِ مَضاربَ لِلُعبةِ التِّنِس خَفيفةٍ لكنَّ متينَةٍ جِدًّا.



اللَّدينةُ في هذه الصُّورة الفوتوغرافيَّة الصُّغْريَّة المُكَبَّرة 923 مرَّةً مُعَزَّزةٌ بألياف كَرْبونيَّة. إنَّ وَزْنَها النَّوعيَّ هو رُبْعُ الوَزْن النوعيِّ للفولاذ؛ لكنَّ متانتَها ضِعْفا مَتانتِه.

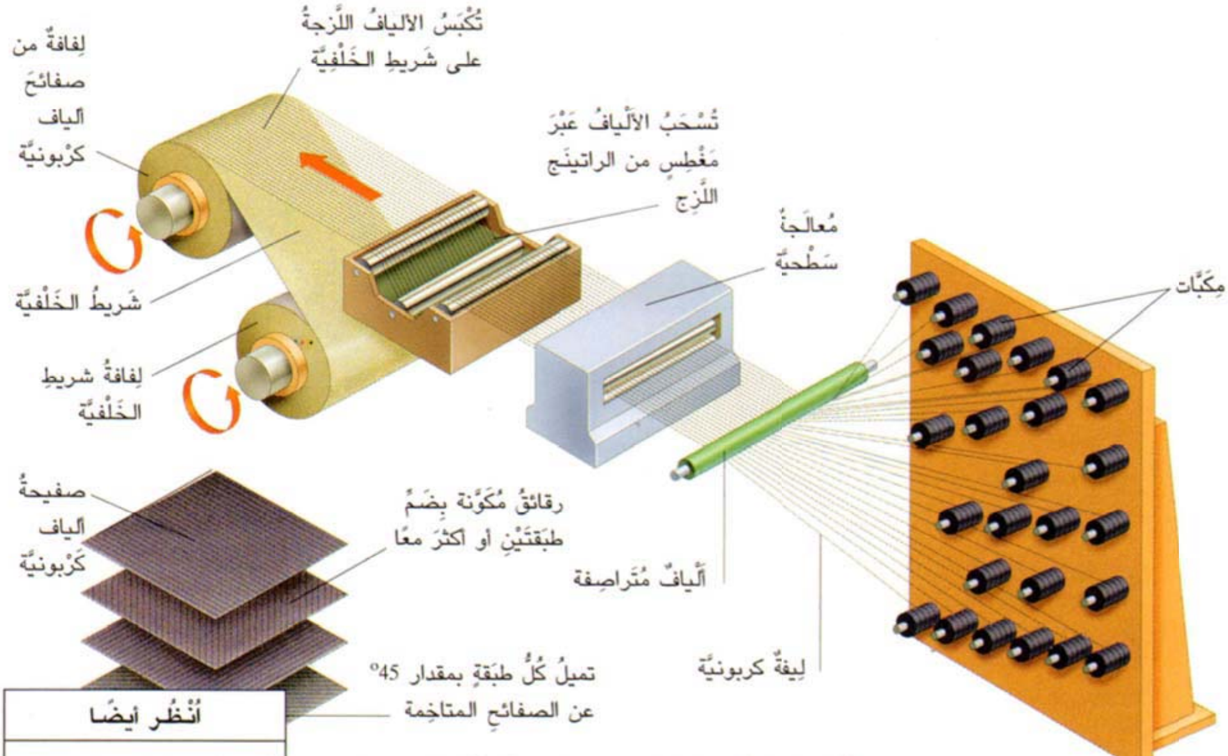
التوليفاتُ المُرَكَّبة

الكثيرُ من الموادِّ الجديدةِ توليفاتٌ مُرَكَّبةٌ تتألَّفُ من مادَّتَيْن مُختلِفتَيْن أو أكثرَ. وتُصَمَّمُ التوليفةُ بحَيثُ تَجْمَعُ الخصائصَ المُفيدةَ لِكُلِّ مادَّةٍ فيما تُقَلِّلُ ما يَشُوبُها من خصائصَ رديئةٍ إلى الحدِّ الأدنى. وغالِبًا ما تتركَّبُ التوليفةُ من أَليافٍ مَتينةٍ مُرَسَّخةٍ في مادَّةٍ تَشُدُّ هذه الأَليافَ معًا.

اللَّدينةُ المُعَزَّزةُ بالأَليافِ الزُّجاجيَّةِ تَجْمَعُ مُرُونيَّةَ اللَّدائنِ مع مَتانةِ الأليافِ الزُّجاجيَّةِ المُرَسَّخة في اللَّدينة. إنَّ قَصافةَ الأليافِ الزُّجاجيَّةِ لا تُشَكِّلُ مُشْكلةً عندما تكون مُتّحدةً مع اللَّدينةِ في التوليفة. هذه التوليفةُ المَتينةُ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ أَلواحِ هياكلِ المَرْكبات وَهياكلِ القوارب. غالِبًا ما تُسْتَخْدَمُ الأَليافُ الكربونيَّةُ في تَوليفاتٍ مع اللَّدائنِ والخَزَفيَّاتِ والفِلِزَّات. وهذه التوليفاتُ خَفيفةٌ ومَتينةٌ جِدًّا وصامِدةٌ للانفِعالاتِ القُصْوى دونَ تَصَدُّعٍ حتَّى على دَرجاتِ حرارةٍ عالية.



هيكلُ هذه الدرَّاجةِ ودُولاباها مُصَنَّعةٌ من تَوليفةِ أَليافٍ كَرْبونيَّة.



يُصَنَّعُ هذا النوعُ من تَوليفةِ الأليافِ الكربونيَّةِ بلَصْقِ أليافِ الكربون المُغَشَّاةِ بالراتينَج على شريطِ الخَلْفيَّة. وحيثُ إنَّ قُوَّةَ التوليفةِ هي في اتِّجاهِ الأَلياف، فإنَّ الرقيقةَ القويَّةَ تُصَنَّعُ برَصِّ الصفائحِ ذاتِ الأَليافِ المُتراصِفةِ باتِّجاهاتٍ مُخْتلِفة.



الكِفْلار مادَّةٌ خَفيفةُ الوَزْنِ لكِنْ مَتينةٌ. وهي تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الدُّروعِ الجَسَديَّةِ والصَّداري التي لا يَخْتَرِقُها الرَّصاص.



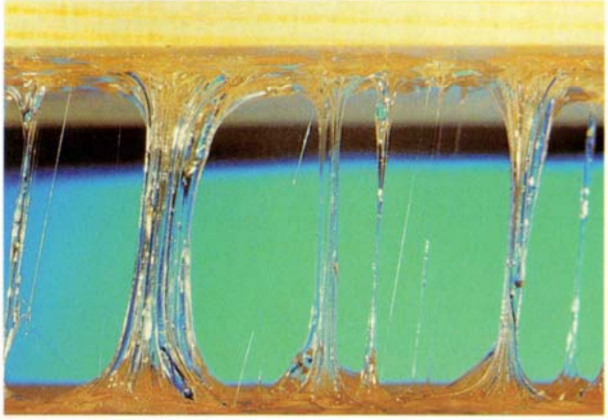
أُطُر النَّظَّارات المَرونة «فلِكْسون» تُصَنَّع من مادَّةٍ تَسْتَعيدُ شَكْلَها الأصليَّ بعدَ فَتْلِها أو لَيِّها.

أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الجوامد ص 194 – 195، السَّبائك (الأَشابات) ص 202 – 203، الزُّجاج ص 208، الخَزَفيَّات ص 209، البوليمَرات (المَكْثُورات) ص 215، اللَّدائن ص 216

اللَّواصِق

اللَّواصِقُ موادُّ طبيعيَّةٌ أو اصْطِناعيَّةٌ تُسْتَخْدَمُ لِإلصاقِ السُّطوح معًا. الغِراءُ والإسمَنْتُ والراتينَجاتُ كُلُّها لَواصِق.



تَشُدُّ اللَّواصِقُ القِطَعَ الخَشَبيَّةَ معًا باختِراقِها سَطْحَي قِطْعَتَيْنِ ثُمَّ تتصَلَّد – إمّا عِنْدَ تَبَخُّرِ مُذيبِ اللاصِق أو عندما تَبْدأُ اللواصِقُ تَنْضَجُ وتتصَلَّب.



تُصْنَعُ حُجُبُ الرِّيحِ الرِّقائقيَّةُ في السيَّاراتِ بِلَصْقِ طبَقاتٍ من الزُّجاج معًا براتينَجٍ لَصُوق.

تَلْزَقُ اللَّواصِقُ بالسُّطوح بواسطةِ مَلْءِ النُّقَرِ والثُّقوبِ الدقيقةِ، حتَّى في أكثَرِ السُّطوح مَلاسَةً، ثُمَّ تَتصَلَّد. فإذا لَزِقَتْ قَطْرةٌ من لاصِقٍ بين سَطْحين، فإنَّ هٰذين السَّطْحين سيَلْتَصِقان بِقُوَّةٍ عندما يَتصَلَّدُ اللَّاصِق.

الأَغْراءُ والصُّموغُ الطبيعيَّة

يُحَضَّرُ أحدُ أنواعِ الغِراء (أو الغَرا) بِغَلْيِ العِظامِ الحيَوانيَّةِ في الماء. ويُمكِنُ أيضًا تَحْضيرُ غِرًا مُفيدٍ من النَّباتاتِ التي تَحْوي وَفْرةً من النَّشا، كالذُّرةِ والبَطاطا. ويُسْتَخْدَمُ صَمْغُ الأَلْجين، الذي يُحَضَّرُ من الأعشابِ البَحْريَّة، لِتَصْميغ قَفا الطوابعِ البَريديَّة وبعضِ ظُروفِ الرسائل. والعَيْبُ الرئيسيُّ في اللَّواصقِ الطبيعيَّةِ أنَّها، بِمُرورِ الزَّمَن، قد تُصْبِحُ واهِنَةً بِفِعلِ مُتَعَضِّياتٍ مِجْهريَّةٍ كالعَفَن.

الإسْمَنْت

إسمَنْتُ البَنَّائين نوعٌ من اللَّواصِقِ يُصْنَعُ من سَحيقِ الصُّخور وبعضِ الكيماويَّات. الإسمَنْتُ مَسْحوقٌ يُمْزَجُ مع الماءِ والرَّمْلِ مُكَوِّنًا خليطًا لَزِجًا يُسَمَّى المِلاط. يُوَضَعُ المِلاطُ في الفَجَواتِ بين مَداميكِ الطُّوبِ والآجُرِّ فيُكَوِّنُ ترابُطًا قويًّا بينها عندما يَجِفّ.

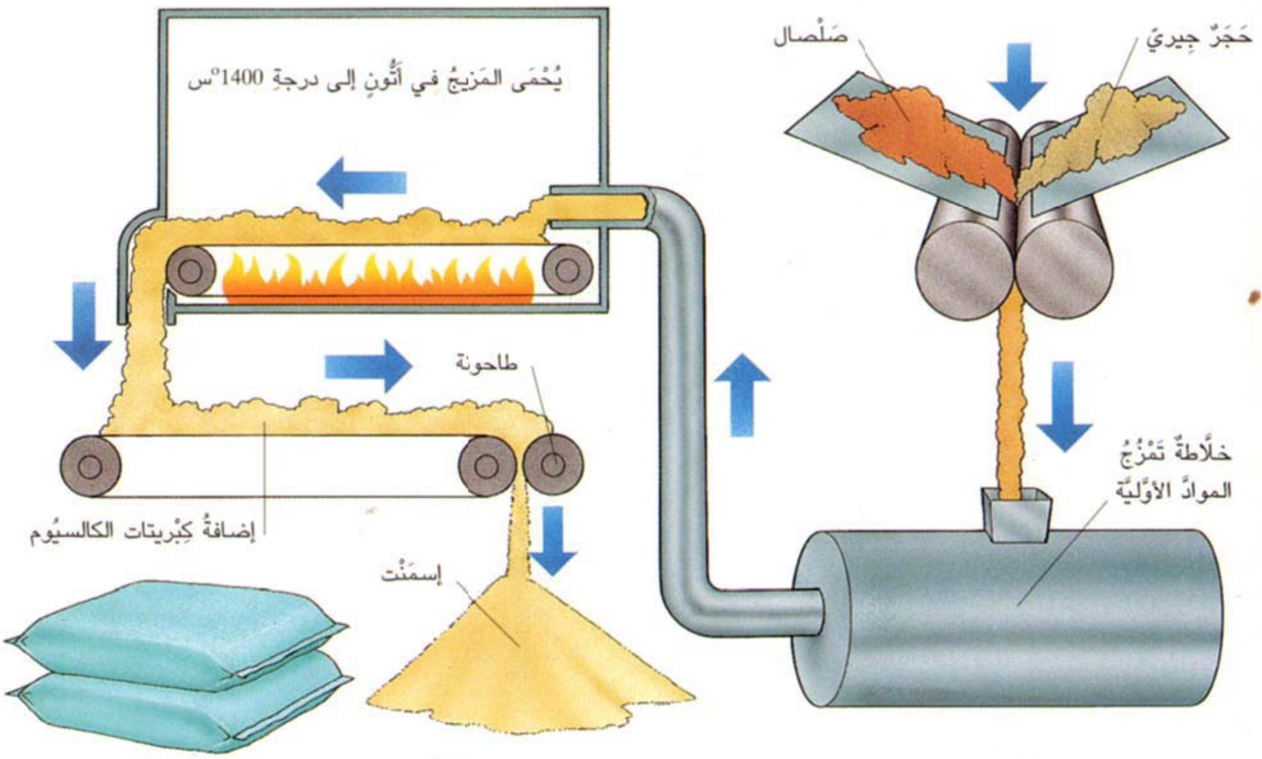


راتينَجٌ لَصوق يَشُدُّ الألْيافَ الزُّجاجيَّةَ معًا في التوليفةِ المُسْتَخْدَمةِ لِصُنْعِ القوارِب.

اللَّواصِقُ الصُّنْعيَّة

اللَّواصِقُ الصُّنْعيَّةُ هي عادةً مَحاليلُ من البُوليمَرات في مُذيباتٍ خاصَّة. بعضُ هذه اللَّواصِقِ يتصَلَّد بِتَبَخُّرِ مُذيباتِها؛ وبَعْضُها يُعَبَّأُ كمَحْلولَيْنِ مُنْفَصِلَيْنِ يُمْزَجان قبْلَ الاستِعمالِ مُباشرةً. وبِمَزْجِ المَحْلولين تَبْدأُ عمليَّةُ النَّضْجِ والتَّصَلُّد.

تَتبايَنُ قوَّةُ اللَّواصِق تَبايُنًا كبيرًا. فتِلكَ المُسْتَخْدَمةُ في بِناءِ هياكلِ الطائراتِ فائقةُ القُوَّة، فيما غِراءُ بِطاقاتِ التَّسعيرِ القابِلَةِ لِلقَشْرِ واهِنٌ قَصْدًا.



في تَحْضيرِ الإسمَنْت، يُضافُ الماءُ إلى مَزيجٍ من الحجَرِ الجيريِّ والصَّلْصال. يُحْمَى المَزيجُ في أتُّونٍ دوَّارٍ إلى درجة 1400°س؛ ثُمَّ يُبَرَّدُ المَزيجُ، المُسَمَّى مُخَلَّفاتِ الاحتِراق، ويُمْزَجُ مع كِبْريتاتِ الكالسيُوم، وبَعدها يُسْحَنُ المَزيجُ سَحيقًا ناعِمًا ويُعَبَّأُ في أكياس.

اُنْظُر أيضًا

البُوليمَرات (المَكثُورات) ص 215
اللَّدائن ص 216
الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانة ص 220 – 221
البِناءُ والإنشاءات ص 222 – 223

الخُضُبُ والأَصْباغ

هنالك خُضُبٌ وأَصْباغٌ عديدةٌ ومُختلِفة؛ وتُستَخْدمُ الطبيعيَّةُ والاِصطِناعيَّةُ منها في تَلْوينِ الأَجْسامِ والموادِّ المُتنوِّعة.



في العام 1856، اكتشفَ الكيميائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم پِرْكِن (1838 – 1907) أوَّلَ صِبْغٍ اصطِناعيٍّ في العالَمِ مُصادَفةً. وكان ذاك صِبْغُ الارجُوان الفاتِح المُشْتَقُّ من قارِ الفَحْم.

تَبْدو الأجسامُ بألوانِها المُختلفةِ لأنَّها تَمْتَصُّ ألوانًا مُعَيَّنةً من الضَّوءِ وتَعكِسُ ألوانًا أُخرى. وتتَّحِدُ الألْوانُ المُنْعكِسَةُ معًا لتُكَوِّنَ اللَّونَ الذي تراهُ العَيْنُ البَشَريَّة. والمُرَكَّباتُ الكيماويَّةُ التي تُحْدِثُ هذه الألْوان تُسَمَّى أَصْباغًا وخُضُبًا. الأَصْباغُ ذَوَّابةٌ في الماءِ وفي مُذيباتٍ أُخرى؛ أمَّا الخُضُبُ فجوامِدُ غيْرُ ذَوَّابة.

يَتواجَدُ الكثيرُ من الأصباغِ والخُضُبِ طبيعيًّا في النَّباتات. فصِبْغُ النِّيلَة، مثلًا، هو صِبْغٌ نباتيٌّ استُخْدِمَ لِتَلْوينِ النُّسُجِ منذُ العَهْدِ الرُّومانيّ. وتُصنَعُ خُضُبٌ طبيعيَّةٌ أُخرى بالسَّحْنِ الدقيقِ للصُّخور. فالمُغْرَةُ الصَّفراءُ تُسْتَحصلُ بِسَحْنِ بعضِ خاماتِ الحديد. والخِضْبُ اللاَّزَورديُّ الأزرقُ يُصْنَعُ بِسَحْنِ اللاَّزَوَرْد – وهو من الأحجارِ الكريمة.

وبالإضافةِ إلى عواملِ التَّلْوينِ الطبيعيَّة، فإنَّ العديدَ من الأَصْباغِ والخُضُبِ هي من مُنتَجاتِ الصِّناعةِ الكيماويَّة – بعضُها أَمْلاحٌ فِلزِّيَّةٌ، وبعضُها الآخَرُ مُشْتَقٌّ من النِّفْط.

يُمكِنُ الحُصولُ على مَدًى غيرِ مَحْدودٍ من الأَلْوانِ باستِخْدامِ تَوْليفاتٍ مُختلِفةٍ من الأَصْباغِ والخُضُب.



▲ يُمكِنُ إنتاجُ أيِّ لَوْنٍ للطباعةِ أو الرَّسْمِ بِمَزْجِ الألوان الثلاثةِ الأوَّليَّة وهي: السَّيَان (الأَزْرق) والماجِنْته (الأَحْمر) والأَصْفَر.

الحُبورُ والدِّهاناتُ والصِّباغة

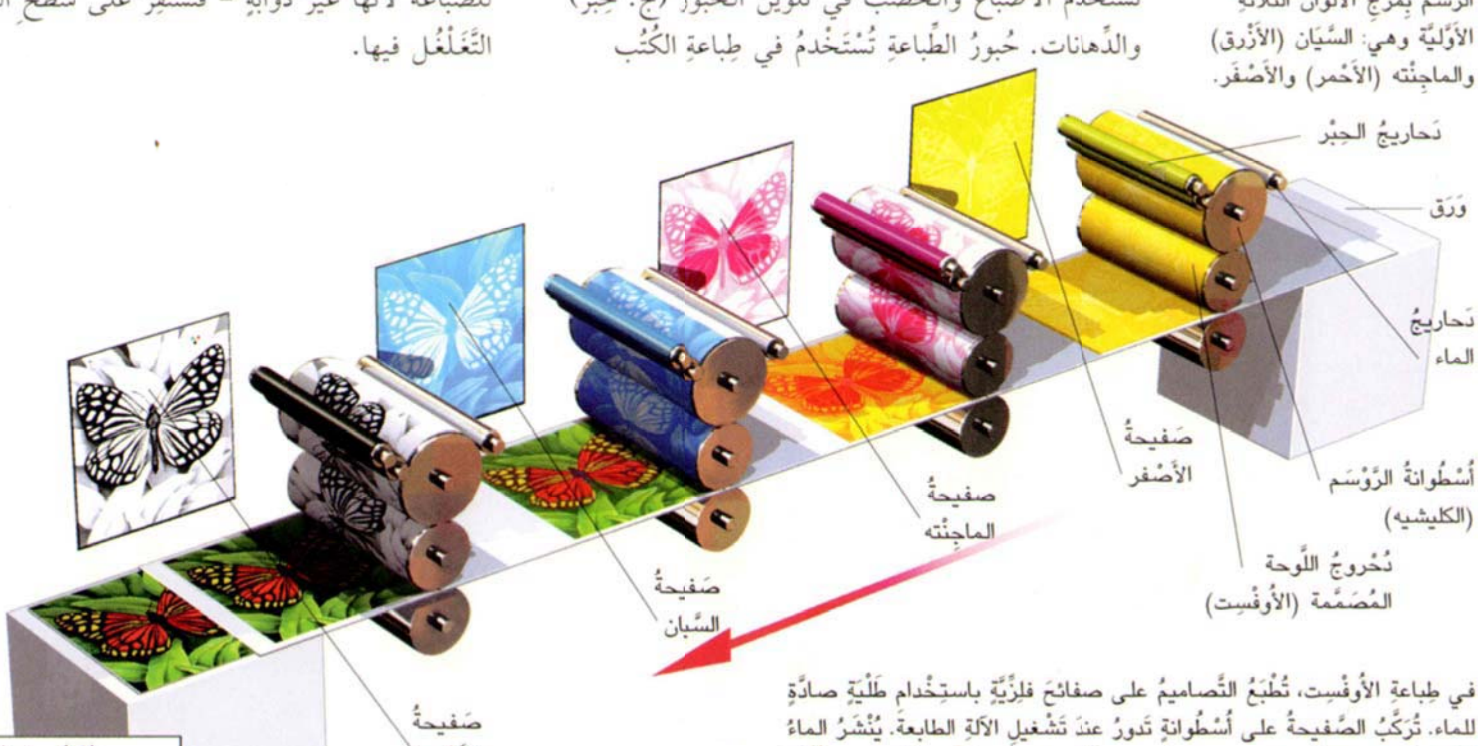
تُسْتَخدمُ الأَصْباغُ والخُضُبُ في تَلْوينِ الحُبورِ (ج. حِبْر) والدِّهانات. حُبورُ الطِّباعةِ تُستَخْدَمُ في طِباعةِ الكُتُب وبطاقاتِ المُعايدَةِ والمجلَّات والمُلْصَقات الإعلانيَّة. فعندما تُخَطُّ الحبُورُ أو تُطْبَعُ على سَطْحٍ تَجِفُّ تاركةً الأصباغَ والخُضُبَ على السَّطحِ المُحَبَّر.

تُسْتَخدَمُ الدِّهاناتُ لِتُوَفِّرَ للسُّطوحِ تَغْشِيَةً زِينِيَّةً واقِيَةً. وهي عادةً تُطْلَى سوائلَ ثُمَّ تَتَصلَّدُ مُكَوِّنةً غِشاءً سَطْحيًّا يَحْوي الأَصْباغَ والخُضُبَ.

في عمليَّاتِ الصِّباغة، تَتَغلْغلُ مَحاليلُ الأَصْباغِ في نَسيجِ الجِسْمِ المُرادِ تَلْوينُه. الخُضُبُ الجامِدةُ لا تُستَعْمَلُ للصِّباغةِ لأنَّها غيرُ ذَوَّابةٍ – فتَسْتَقِرُّ على سَطْحِ المادَّةِ دُونَ التَّغَلْغُلِ فيها.



هذا التِّقَنيُّ يُراقِبُ آليَّةً ضَخْمةً تُصنِّعُ خِضْبًا أصفَر للدِّهانات. والخِضْبُ الجاري إنتاجُه هو أُكسيدُ الحديدِ الأَصْفَر.



في طِباعةِ الأُوفْسِت، تُطْبَعُ التَّصاميمُ على صفائحَ فلزِّيَّةٍ باستِخْدامِ طَلْيَةٍ صادَّةٍ للماء. تُرَكَّبُ الصَّفيحةُ على أُسْطُوانةٍ تَدورُ عندَ تَشْغيلِ الآلَةِ الطابعة. يُنْشَرُ الماءُ ثُمَّ الحِبْرُ على الصَّفيحةِ بواسِطةِ دَحاريجَ مُنْفَصِلة. فيَسْتَقِرُّ الحِبْرُ على الطَّلْيَةِ الصادَّة للماءِ لِيَتَساوَقَ مع التَّصْميم. ثُمَّ يَنْتَقِلُ الحِبْرُ أوَّلًا إلى دُحْروجِ الأوفْسِت، ثُمَّ إلى الوَرَقَة الجاري طَبْعُها. وتُؤلِّفُ الصُّورةُ المُلوَّنةُ على مَراحِلَ بِطِباعةِ الصُّورِ الصفراءِ والماجِنْته (الحمراء) والسَّيان (الزرقاء) والسَّوْداء مُنْفَصِلةً.

أُنْظُر أيضًا

البتروكيماويَّات ص 190 – 191
الألْياف ص 207
الألوان ص 272 – 273
مَزْجُ الألوان ص 274 – 275

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانة

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانةُ هي بَعْضُ أقدمِ الموادِّ المُسْتَخْدمةِ في البِناء. وهي صَلْدةٌ ومَتينةٌ ومُتاحةٌ بِيُسْرٍ وسُهولةٍ في الكثيرِ من المَواقع.



هذا الطُّوبُ النِّيءُ أو اللَّبِن سيُجَفَّفُ بالشَّمْس قُرابَةَ أُسبوعَيْن. وهو يتألَّفُ من نوعٍ من الطِّينِ الصَّلْصاليِّ سَهْلِ التشكيل وهو رَطْبٌ، لكنَّه يَتصَلَّدُ بشِدَّةٍ وهو جافٌ. ويُسْتَخْدَمُ هذا النوعُ من الطُّوبِ للبِناءِ في المناطقِ الجافَّةِ كشمالي إفريقيا وشِبْه الجزيرة العربيَّة، حيثُ لا خطرَ في أن يتلَيَّنَ الطُّوبُ ويُدَمَّرَ البناءُ بالمَطَر الغزير.

الآجُرُّ والحِجارةُ والخَرَسانةُ ثلاثةٌ من أكثَرِ الموادِّ المُتَعَدِّدة الاستِعْمالاتِ في البِناءِ والإنشاءات. لقد استُخْدِمَ الآجُرُّ (الطُّوبُ) في بلادِ ما بين النَّهرين (العِراق) منذُ عام 7000 ق.م. واستُخْدِمَت الحِجارةُ مُنْذُ أَزْمِنَةٍ أَقْدَمَ. أمَّا الخَرَسانةُ فقد استَخْدمَها الرُّومانُ في المَباني المُهِمَّة كالپانْثِيُون – وهو هيكلٌ في روما تَمَّ إنشاؤه عام 128 م.

الآجُرُّ

الآجُرُّ أو الطُّوبُ كُتَلٌ من الطِّينِ يَجْري تَصْليدُها بالحرارة؛ بعضُها يَحْوي قَشًّا أو تِبْنًا – وهٰذا يُجَفَّفُ بحرارةِ الشَّمْس. أمَّا الآجُرُّ فمُعْظَمُه يُشْوَى في أفرانٍ خاصَّة.

للطُّوبِ بِمُخْتَلَفِ أشكالِه خصائصُ تَجْعَلُه مُلائمًا كمادَّةٍ للبِناء. فأشكالُه المُنْتَظِمةُ تَتلافَقُ معًا بِسُهولة؛ والمَشْوِيُّ منه صامِدٌ للرُّطوبةِ والحرارة.

الحِجارة

أنواعُ الحِجارةِ المألوفةُ هي الحَجَرُ الجيريُّ والباسَلْت والغرانيت والرُّخام والحَجَر الرَّمليّ. وتُقْتَطَعُ الحِجارةُ من مَحاجِرَ أو مقالِعَ تُحْتَفَرُ في الأرض أو في سُفوحِ التِّلال.

في طريقةِ اقتِطاع الحِجارةِ ذاتِ الأبْعاد المُعَيَّنة تُسْتَخْدَمُ عُدَدٌ يَدَوِيَّةٌ ومَناشيرُ آليَّةٌ لِقَطْع الكُتَلِ الحَجَرِيَّةِ من الصُّخور بأشكالٍ وحُجومٍ مُناسِبَة.

أمَّا في طريقةِ الاحتِجارِ التَّهْشيميِّ فَتُنْسَفُ الصُّخور، كالغرانيت والصُّخور الجيريَّةُ والرَّمليَّة، باستِخْدام المُتَفَجِّرات. ثُمَّ يُجْمَعُ الدَّبْشُ والكُساراتُ وتُسْتَخْدَمُ في صُنْع الخَرَسانةِ وفي رَصْفِ الطُّرُق.

▼ يُمكِنُ الحُصولُ على الحِجارةِ الجيريَّة من المَحاجِر، كهذا المَقْلَعِ السَّفْحيِّ. يُمكِنُ استِخْدامُ الكُتَلِ الحَجَرِيَّةِ الجيريَّةِ للبِناء؛ وتُسْتَخْدَمُ الكُسارةُ كموادَّ أوَّليَّةٍ في صُنْعِ الإسمَنْت والخَرَسانة.



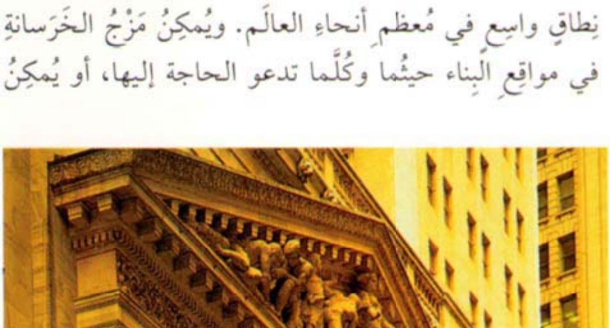


يُرَتِّبُ البنَّائون الطُّوبَ في أنماطٍ تُسَمَّى عَرَقاتٍ أو مَداميك. ويُثَبَّتُ الطُّوبُ والمَداميكُ في مكانِها بِطبَقةٍ من المِلاطِ تَتَصَلَّدُ في الفَجَواتِ بينها.

الخَرَسانة

تُصْنَعُ الخَرَسانةُ بِمَزْجِ الإسمَنْت مع جوامِدِ الرُّكامِ الحَجَرِيِّ من رَمْلٍ وحَصًى. وعندَ إضافةِ الماء يتَحَوَّلُ المَزيجُ إلى عَجينةٍ غليظةِ القَوام تَجْمُد وتَتَصَلَّدُ تَدْريجيًّا.

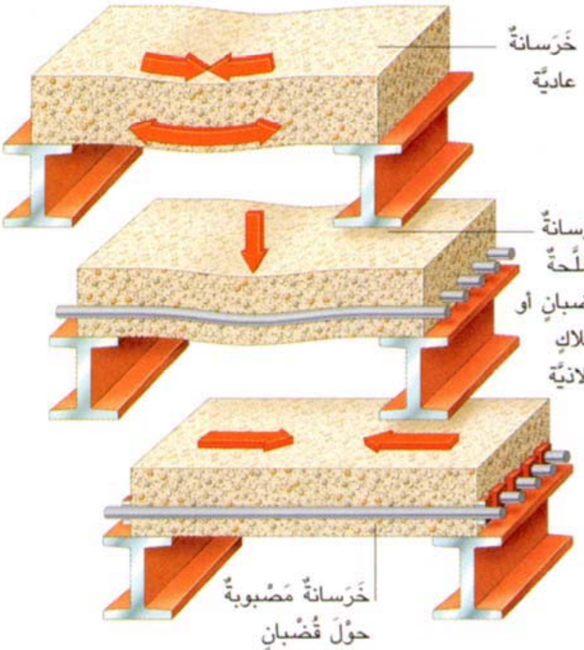
من حَسَناتِ الخَرَسانةِ الكثيرةِ أنَّها رَخيصةُ الثَّمن ومِصْمادٌ شَديدةُ الاحتِمال، وموادُّها الأوَّليَّةُ مُتاحةٌ على نِطاقٍ واسِعٍ في مُعظَمِ أنحاءِ العالَم. ويُمكِنُ مَزْجُ الخَرَسانةِ في مواقِعِ البِناء حيثُما وكُلَّما تدعو الحاجة إليها، أو يُمكِنُ



▲ نُحِتَت هذه الواجهةُ الفَخْمةُ التي تُذَكِّرنا بأعمدةِ بَعْلَبك ومَعْبِدِ البارثِينُون في أثينا، من كُتَلٍ حَجَرِيَّة. وقد أُنْجِزَ هذا المَبْنى في نيويورك عامَ 1903.



▼ سَطْحُ هذا الجِسْرِ في پواتُوشارانْت بفرَنْسا، قائمٌ على سِلْسلةٍ من الأقواس (القناطِر) الخَرَسانيَّة.

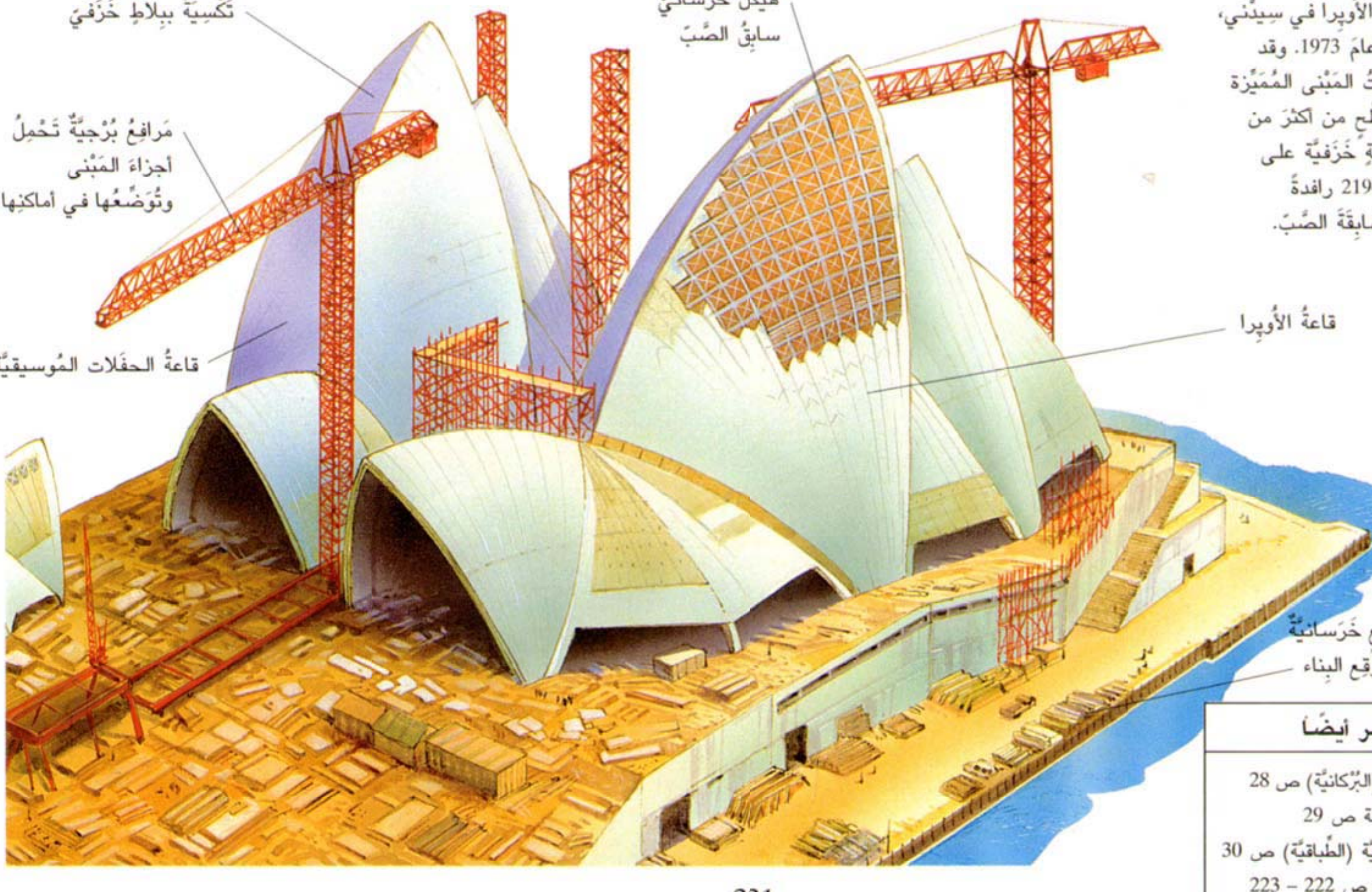


الخَرَسانةُ العاديَّةُ (أعلى الصُّورة) ضعيفةٌ وَاهِنةٌ تحت الشَّدِّ الامتِطاليّ. أمَّا الخَرَسانةُ المُسَلَّحةُ (وَسَط الصُّورة) والخَرَسانةُ السابِقةُ أو اللاَّحِقةُ الإجْهاد (أسْفَل الصُّورة) فكِلتاهُما قويَّةٌ تحتَ الشَّدّ.

نَقْلُها إلى الموقِعِ مَزيجًا جاهِزًا للاستِخْدام. وبِخِلافِ الآجُرِّ والحِجارة، فإنَّه يُمكِنُ قَوْلَبَةُ هذا المَزيجِ أو صَبُّه أو رَدُّهُ لِيُكَوِّنَ عِدَّةَ أشكالٍ مُختلِفة. وتُستَخْدَمُ الخَرَسانةُ في بِناءِ الجُسُورِ والسُّدُودِ والأرْصفةِ البَحْريَّة والطُّرُقِ بالإضافةِ إلى المُجمَّعاتِ السَّكَنيَّةِ والمَكْتَبيَّة.

الخَرَسانةُ تَحْتَمِلُ قُوًى ضاغِطةً (هاصِرةً) بالغةَ القُوَّة؛ لكِنَّها أقَلُّ صُمودًا لِقُوى الشَّدِّ المَطيلةِ التي تَنزِعُ إلى تَفْكيكِها. ويُمكِنُ التغلُّبُ على هذا الوَهَنِ بِتَسْليحِ الخَرَسانةِ بالفُولاذِ، الذي يُقاوِمُ قُوى الشَّدِّ. ففي الخَرَساناتِ المُسَلَّحةِ مثلًا، تُصَبُّ الخَرَسانةُ حوْلَ قُضْبانٍ أو شَبكاتٍ فُولاذيَّة.

ويُمكِنُ تَحْسينُ مُقاومَةِ الشَّدِّ بمَطْلِ الهَيْكلِ الفُولاذيِّ قبْلَ استِقْرارِ الخَرَسانةِ حوْلَه. وهذه التِّقَنيَّةُ تُسمَّى الإجهادَ السابِق. وفي تِقَنيَّةٍ أُخرى، تُسمَّى الإجهادَ اللاَّحِقَ، تُحْزَقُ صواميلُ شَدٍّ على أطرافِ قُضْبانِ التقويَةِ بعدَ شَكِّ الخَرَسانة. وفي كلا الحالَيْن، فإنَّ القُضْبانَ أو الشَّبكاتِ الفُولاذيَّةَ تَزيدُ من قُوَّةِ الخَرَسانةِ إلى حدٍّ بعيد.



أُنْجِزَ مَبْنى الأُوپرا في سِيدْني، بأُستراليا، عامَ 1973. وقد بُنِيَتْ قُنْبُعاتُ المَبْنى المُمَيَّزة بتركيبِ سَطْحٍ من أكثرَ من مليون بِلاطةٍ خَزَفيَّة على هَيْكلٍ من 2194 رافِدةً خَرَسانيَّةً سابِقَةَ الصَّبّ.

أُنْظُر أيضًا

الصُّخورُ الناريَّة (البُرْكانيَّة) ص 28
الصُّخورُ المُتحَوِّلة ص 29
الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة (الطَّباقيَّة) ص 30
البِناءُ والإنشاءات ص 222 – 223

البناءُ والإنْشاءَات

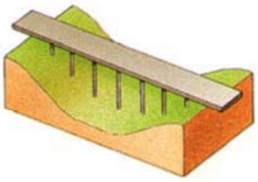
صِناعَةُ البِناءِ تقُومُ بمُختلِف أَنواعِ الإنشاءات، من المَصانعِ والبيوتِ والمكاتبِ والطُّرقِ إلى الجُسُورِ والسُّدودِ وأَحْواضِ السُّفُن.

صِناعةُ البِناءِ تُوظِّفُ الآلافَ من الناس. ففي البُلدانِ المُتقدِّمةِ يؤلِّفُ قِطاعُ البِناءِ حوالى 15 بالمئة من مُجمَلِ الوَظائف.

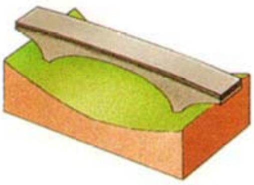
حتّى أواخرِ القَرْنِ التاسعَ عَشر، كانت صِناعةُ البناءِ أَساسًا شُغْلَةَ البَنّائين والنَّجارينَ ومُعلِّمي العَمار. ورُغْمَ أنَّ العديدَ من هؤلاء الاختِصاصيِّين لا يَزالون يَعملون في هٰذه الصناعةِ، فإنَّ الموادَّ الجديدةَ والتِّقانيّاتِ الحديثةَ قد بدَّلَتْ كثيرًا في أساليبِ البناءِ والمَباني.

الخَرَسانةُ المُسَلَّحةُ والفُولاذُ بأنواعِه مَوادُّ رئيسيَّةٌ حاليًّا في صِناعةِ البِناء. فالمَباني العاليةُ تُقامُ حولَ هياكِلَ من الفُولاذ والخَرَسانة. الجُدْرانُ والنوافِذُ تُعَلَّقُ على هَيْكَلِ المَبْنى؛ وخِلافًا لِواقعِ الحال في المباني الأَقدم، لا يُفْتَرَضُ في الجُدرانِ أن تَدْعَمَ الجُدْرانَ فوقها. وبذلكَ يُمكِنُ أنْ تكونَ الجُدرانُ أقلَّ سَماكةً وأخفَّ وَزْنًا.

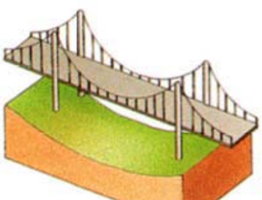
كذلكَ تُستَخدَمُ الخَرَسانةُ والفُولاذُ أيضًا لِتَنفيذِ تَصاميمَ جديدةٍ للجُسور والمَصانع والمنازلِ ما كان يُمكِنُ تَنْفيذُها باستِخْدامِ الآجرِّ والحِجارةِ والخَشَب.



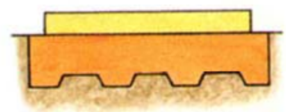
الجِسْرُ العَتَبيُّ سَطْحٌ بَسيطٌ مُسَطَّحٌ تَدعَمُه أَعْمِدةٌ مُفَسَّحةٌ على امتِدادِ طولِه.



الشَّكْلُ المُتقَوِّسُ (القَنْطَريُّ) يُحيلُ ثِقْلَ القَوسِ وسَطْحِ الجِسرِ إلى الدَّعائم في طرَفَيْه.



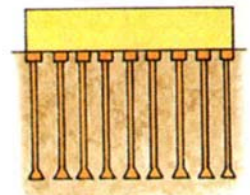
يُعَلَّقُ سَطْحُ الجِسرِ المُعَلَّقِ من كبُولٍ مَمْدودةٍ بين أبراجٍ فولاذيَّةٍ أو خَرسانيَّةٍ أو دعائمَ أُخرى عاليةٍ.



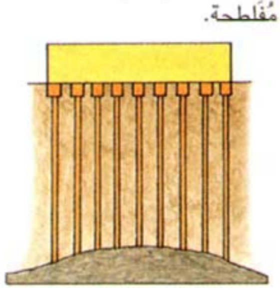
حَصيرةُ أَساسٍ تتوَزَّعُ ثِقْلَ المَبْنى.



الرَّكائزُ الاحتِكاكيَّةُ هي تَحشُّداتٌ من الرَّكائزِ الصغيرة.



دعائمُ الأساسِ هي ركائزُ ذاتُ قواعدَ مُفَلطحة.



دعائمُ حَمْل.

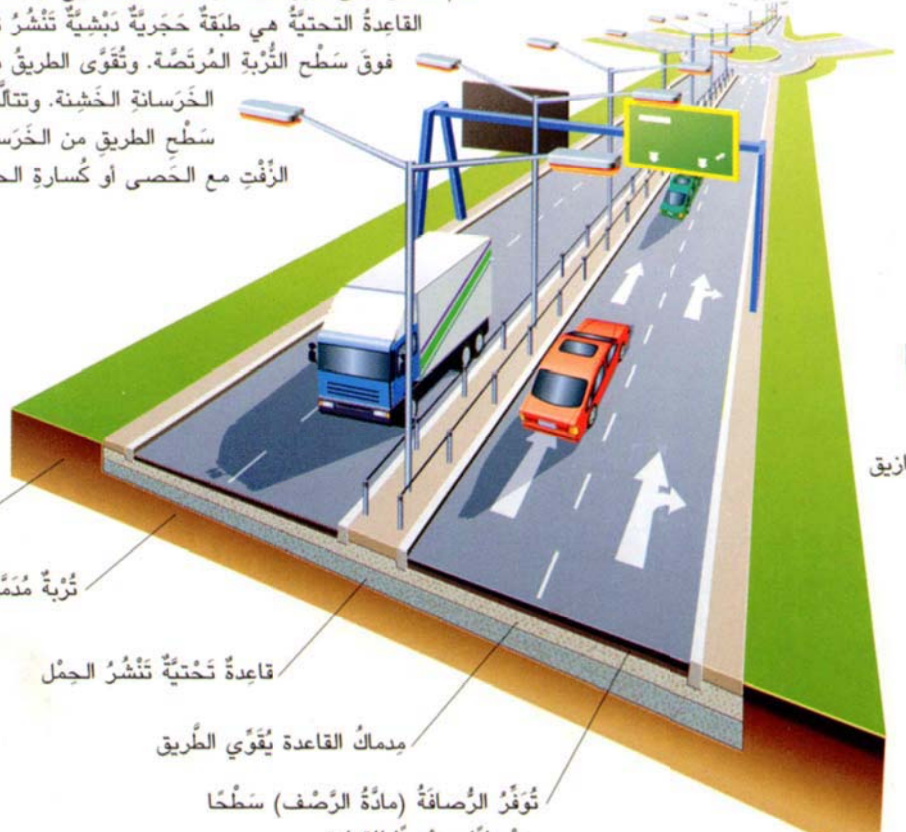
▲ العوارِضُ والرَّكائزُ والدَّعائمُ تَنْشُرُ ثِقْلَ المَبْنى على مِساحةٍ فَسيحة كيلا يَغوصَ في الأرضِ الرِّخْوة. وتَرتكِزُ دعائمُ الحَمْلِ على صَخْرِ الأَديمِ المُصْمَت.

التَّصْميمُ الإنشائيّ

عندما يُصَمِّمُ المُهَنْدسُ المِعْماريُّ مَبْنًى؛ فإنّه يَسْتَعينُ بمُهَنْدِسِ إنشاءاتٍ يَحْتَسِبُ ثِقْلَ كُلِّ قِسْمٍ من المَبْنى، ويُصَمِّمُ إنشاءً أو هيكليَّةً تَدعمُ ذلك الثِّقْلَ. ويُفتَرَضُ في المُنْشآتِ أنْ تكونَ قادِرةً على الصُّمودِ أمامَ عَصْفِ الرِّياح

إنشاءُ الطُّرُق

تُقامُ الطُّرُقُ على تُرْبةٍ طُلِمَتْ وارتَصَّتْ بدَحاريجَ أو مَداحِلَ ثَقيلة. القاعِدةُ التحتيَّةُ هي طَبقةٌ حَجَريَّةٌ دَبْشِيَّةٌ تَنْشُرُ ثِقْلَ الطريق فوقَ سَطْحِ التُّرْبةِ المُرتَصَّة. وتُقَوّى الطريقُ بمِدْماكٍ من الخَرَسانةِ الخَشِنة. وتتألَّفُ رُصافةُ سَطْحِ الطريقِ من الخَرَسانةِ أو الزِّفْتِ مع الحَصى أو كُسارةِ الحِجارة.





رَكائزُ (خوازيقُ) الأَساس يُمكِنُ دَقُّها إلى عُمْقِ حوالى 100 متر بطَرْقِ الخازوق تَكْرارًا بثِقْلٍ يَدْفعه في الأرض. الرَّكائزُ الخَرسانيَّةُ يُمكِنُ صَبُّها في ثُقوبٍ تَحْفِرها مَثاقيبُ دَوّارة.

وأحيانًا أمامَ الزَّلازلِ والتيَّاراتِ النَّهريَّة أو الأمواجِ تبعًا لما يَقْتضيهِ مَوقِعُ البناء.

تُحضَّرُ نَماذِجُ البِنَى المَنْوي إنشاؤُها وتُجَهَّزُ بِمُعَيِّراتٍ خاصَّةٍ تَقيسُ كافَّةَ القُوى والحَرَكات. ويُمكِنُ بعدئذٍ اختبارُ تلكَ النماذجِ في أنفاقٍ هوائيَّةٍ وخزَّاناتِ مياهٍ ومَناضِدَ رَجَّاجةٍ تُحاكي الظُروفَ الطبيعيَّة. ويُساعِدُ التَّحليلُ الحاسُوبيُّ لِنتائجِ الاختِبارات في تَحْسينِ التَّصاميم.

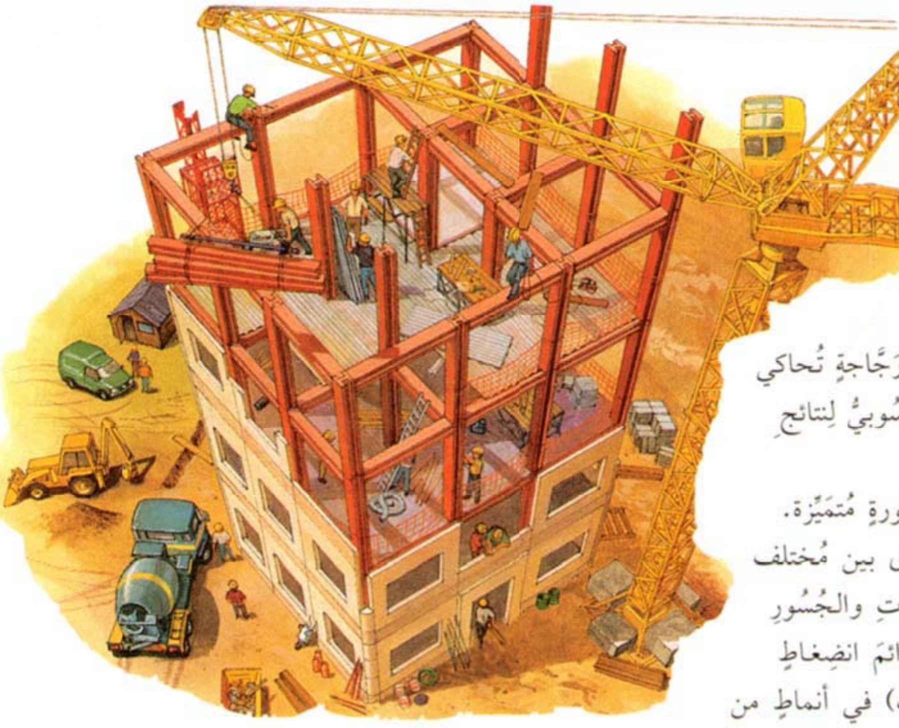
بعضُ الأَشْكال أقوى من سِواها بصُورةٍ مُتميِّزة. والشَّكلان الأنبوبيُّ والمُثَلَّثيُّ هما الأقْوى بين مُختلف الأشكال. فمثلًا البِنَى الفولاذيَّةُ كالهوائيَّاتِ والجُسُورِ وأبراجِ الكبُولِ الكهربائيَّة، تتألَّفُ من قوائمَ انضِغاطٍ فولاذيَّةٍ مُسَمَّرةٍ معًا (بالبراغي والحزَقات) في أنماطٍ من المُثَلَّثاتِ الفُولاذيَّة. وهذه هي الطريقةُ الأكثرُ فعَّاليَّةً لِنشْرِ القُوَى بالتَّساوي عَبْرَ كامِلِ المُنْشأة. ويُلاحَظُ أنَّ الأنْفاقَ وقوائمَ أبراجِ الحَفْر لاستِخْراجِ النِّفْط هي دَومًا أُنبوبيَّةُ الشَّكْل - ذلك لأنَّ الشَّكْلَ الأُنبوبيَّ أقوى على مُقاومَةِ قُوى الحِناية.

مَراحِلُ الإنشاء

هنالك ثلاثُ مراحِلَ أساسيَّةٍ في بناءِ مُنْشأةٍ ضَخْمة. أوَّلًا يَجِبُ مَدُّ الأَساساتِ الأرضيَّةِ لِدَعْمِ المُنْشأة. فتُسْتَخدَمُ موادُّ جاسِئةٌ مَتينةٌ كالأَعْمدةِ الفولاذيَّة والخَرَسانة لِتقومَ بتَدْعيمِ المَبْنى أو الجِسْرِ أوالسَّدّ. ويُحدَّدُ نَمَطُ الأساسِ بطبيعةِ وخصائصِ التُّربةِ في المِنْطَقة التي تُقامُ عليها المُنشأة.

ثانيًا، تُبْنَى أجزاءُ المُنْشأةِ التي هي فوقَ الأَساسات. وفي كثيرٍ من الحالات، تُعَدُّ المُقوِّماتُ في مَوقعٍ آخرَ ثُمَّ يَجْري تَجْميعُها في مَوقعِ البناء.

ثالِثًا وأخيرًا، يَتِمُّ إنجازُ السُّطوحِ الخارجيَّة. وفي حالِ المَباني، تُركَّبُ التَّجْهيزاتُ الداخليَّةُ التي تَشْمَلُ تَوْصيلاتِ الكهرباءِ والغازِ والمياهِ بالإضافةِ إلى مُكيِّفاتِ الهواء.



المباني الحَديثةُ الشامِخَةُ تُقامُ عادةً على هَيْكلٍ فولاذيٍّ مَتينٍ تُشَدُّ إليه الأَرْضيَّاتُ وألواحُ التكْسِيَةِ الجِداريَّةِ بالبَراغي والحزَقات - عِلْمًا أنَّ الهيكلَ يَدْعمُ ثِقْلَ المَبْنى بكامِله.



مِدْفعةٌ بَرْشَمةٍ تَدْفعُ بِرْشامًا فلزِّيًّا ساخِنًا عَبْرَ صَفيحتَيْنِ فُولاذِيَّتَيْن.



يُبَشَّمُ طرَفُ مِسْمارِ البِرْشام الناتئُ ويُفَلْطَحُ، رابطًا الصَّفيحتَيْنِ معًا بثَبات.



يُمكِنُ مُشاهدَةُ الإقبال على المَباني الشامِخَةِ بوُضوحٍ في هذه الصُّورة لإحدى المُدنِ الحديثة.

انْظُر أيضًا

الحديد ص 198
السُّبائك (الأشابات) ص 202 - 203
تَشكيلُ الموادّ ص 204 - 205
الآجُرُ والحِجارةُ والخَرَسانة ص 220 - 221

مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل

مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل تَحْرِقُ وَقُودًا لِتَوليدِ طاقةٍ ميكانيكيَّة. وهذه الطاقةُ تُستَخْدَمُ في الاستِعمالاتِ اليوميَّةِ لِتَشْغيلِ آليَّاتٍ تَشْمَلُ السيَّاراتِ والقوارِبَ.

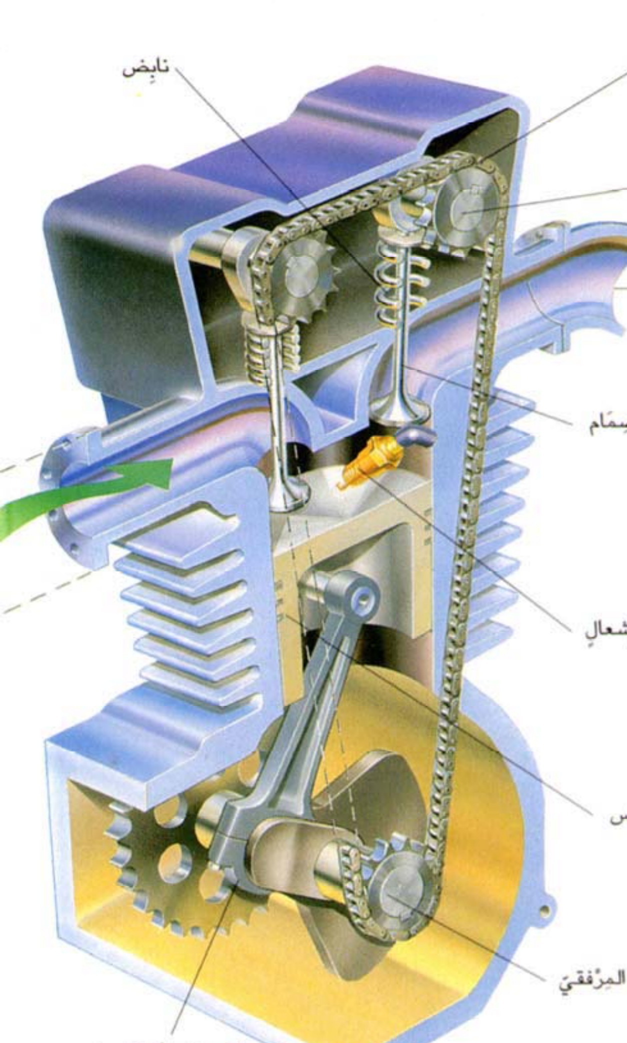


في العام 1861، صَنَعَ المُهَنْدِسُ الألمانيُّ، نيقولاوُس أوتو (1832 – 1891) أوَّلَ مُحَرِّكٍ بِنْزينيٍّ عَمَليٍّ رُباعيِّ الأشْواط. ثُمَّ ابتكَرَ، عامَ 1876، مُحَرِّكَ الاحتِراقِ الداخليِّ الرُّباعيِّ الأشْواط؛ وسَجَّلَ براءةَ اختِراعه في السَّنةِ نَفْسِها.

مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل أنماطٌ من مُحَرِّكاتِ الاِحتِراقِ الداخليِّ؛ وهي تُسَمَّى هكذا لأنَّها تَحْرِقُ الوَقُودَ داخِلَ أُسْطُواناتِها. يُحرِّرُ بعضُ الطاقة عندَ احتِراقِ الوَقُودِ ويَتحَوَّلُ مُباشرةً إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة فيما يُفْقَدُ الباقي كطاقةٍ حراريَّة.

تُسْتَخدَمُ مُحَرِّكاتُ الاِحتِراق الداخليِّ لِتَزْويدِ مُعْظمِ السيَّاراتِ والقوارِبِ بالقُدْرة. وهي أيضًا تُزَوِّدُ بعضَ الطائرات وقاطِراتِ السِّكَك الحديديَّة بالقُدْرة. وكثيرًا ما تُسْتَخدَمُ مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل لإدارةِ مُوَلِّداتِ الكهرباءِ المُعَدَّةِ لحالاتِ الطوارئ.

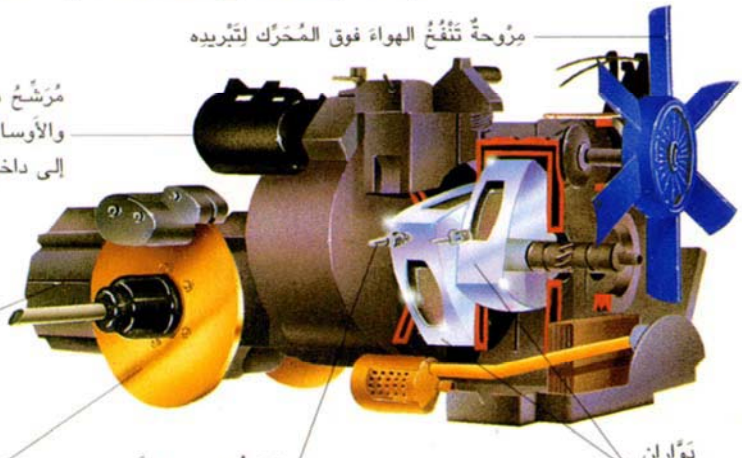
تَصاميمُ مُحَرِّكات البِنْزين والدِّيزل الرُّباعيَّةِ الأَشْواطِ مُتَشابِهَةٌ جِدًّا. ففي كلا الحالَيْن، يَحْتَرِقُ مَزيجٌ من الوَقُودِ والهواء داخِلَ أُسْطُواناتٍ ذاتِ كَبَّاساتٍ مُلائمة. فعندما يتمَدَّدُ المَزيجُ المُحْتَرِقُ داخِلَ الأُسْطُوانة، يَدْفَعُ الكَبَّاسَ لِيَنْزَلِقَ نَحو فُوَّهةِ الأُسْطُوانة – دافِعًا بدَوْره مِرْفَقًا على العمودِ المِرْفَقيِّ، تمامًا كَكَبْسِ الدَّرَّاجِ على دَوَّاسةِ درَّاجتِه. ثُمَّ يَنْفَتِحُ صِمَامُ العادِمِ وتَبْدأُ غازاتُ الاِحتِراقِ الفَضَلاتيَّةُ بالإفلات. في الوقتِ نَفْسِه، يدفَعُ العمودُ المِرْفَقيُّ الكَبَّاسَ مُعيدًا إيَّاهُ إلى داخِلِ الأُسْطُوانة، فتُطْرَدُ الغازاتُ المُتَبقِّيَةُ إلى الخارج.

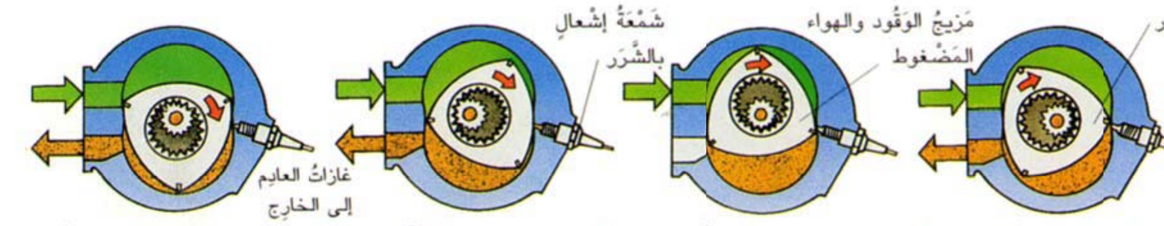


عندما يبلُغُ الكَبَّاسُ قِمَّةَ الأُسْطُوانة، يَنْغَلِقُ صِمامُ العادِمِ (الإنفلات) ويَنْفَتِحُ صِمامُ الإدخال. ومع شَدِّ العمودِ المِرْفقيِّ الكَبَّاسَ سَفْلًا، يَسْحَبُ مَزيجًا من الوَقُودِ والهواء إلى داخِلِ الأُسْطُوانة. ويُسَمَّى هذا الشَّوْطُ شَوْطَ السَّحْب.

ثُمَّ يَنْغَلِقُ صِمامُ الإدخال ويُدْفَعُ الكَبَّاسُ، بواسطةِ المِرْفَق، إلى داخِلِ الأُسطوانة ضاغِطًا ومُسَخِّنًا بالضغط مَزيجَ الوَقُود والهواء.

في مُحَرِّكِ البِنْزين، تُشْعِلُ شَرارةٌ من شَمْعَةِ الإشْعال المَزيجَ السَّاخِنَ فيَبْدأُ شَوْطُ قُدْرةٍ مُجَدَّدًا.





1 **شَوْطُ السَّحْب:** الدَّوَّارُ الدائرُ يَسْفُطُ مَزيجَ البِنْزينَ والهواء إلى الدَّاخل.

2 **شَوْطُ الانْضِغاط:** يَنْضَغِطُ مَزيجُ الوَقُودِ والهواء عندما يَنْقلُه الدوَّارُ إلى مَوقعٍ مُقفَلٍ في الحُجْرةِ المُثَلَّثيَّة.

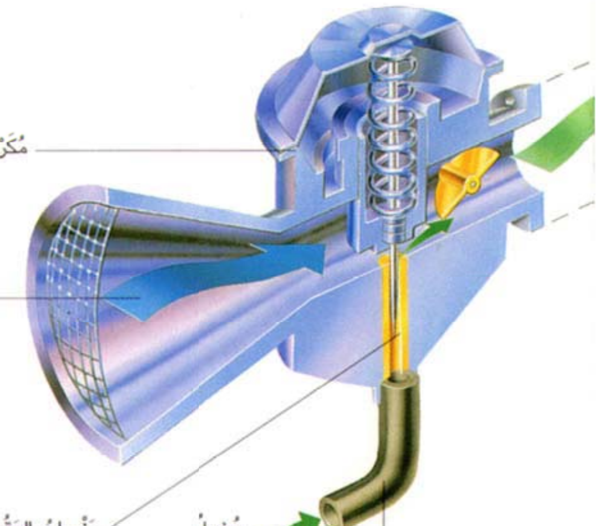
3 **شَوْطُ الإشعال:** يُشْعَلُ مَزيجُ الوَقُودِ والهواءِ المُنْضَغِطُ بواسِطةِ الشَّرَر المُنْبَعِث من شَمْعَةِ الإشْعال في موقعِ التمَدُّد من الحُجْرة المُثَلَّثيَّة.

4 **شَوْطُ الإنفلات:** يُواصِلُ الدوَّارُ دَورانَه في الحُجْرةِ المُثَلَّثيَّة دافِعًا مُخَلَّفاتِ الغازاتِ المُسْتَهلكة إلى الخارِج.

المُهَنْدِسُ الألمانيُّ فِلِكْس ڤانْكل (1902 – 1988) صنَعَ مُحَرِّكًا دَوَّارًا، عامَ 1957، يَتميَّزُ بكبَّاسٍ مُثَلَّثيِّ الشَّكْل يَدورُ داخِلَ حُجْرةٍ خِلالَ دَوْرةِ الاِحتِراق.

مُحَرِّكٌ بِنْزِينيٌّ رُباعيُّ الأَشْواط

عَمِلَ المُهَنْدسُ الألمانيُّ غوتْليب دِيمْلَر (1834 – 1900) مع نيقولاوس أُوتو على تَطْويرِ مُحَرِّكِ أُوتو. وسَجَّلَ دِيمْلَر براءَةَ اختِراعِ نَمَطٍ عالي السُّرعة من المُحَرِّكاتِ الرُّباعيَّةِ الأشْواط عامَ 1887. المُحَرِّكاتُ البِنْزينيَّةُ النَّموذجيَّةُ قد تَحوي حتّى ثماني أُسْطُوانات. والكَبّاسُ في كُلٍّ منها يُديرُ العمودَ المِرْفقيَّ عندما يَشْتَعِلُ مَزيجُ الوَقود والهواء دافِعًا الكَبّاسَ سَفْلًا. والصِّماماتُ النابضيَّةُ تَسْمَحُ لِمَزيجِ الوَقود والهواء بالدخول إلى الأُسْطُوانةِ ولِغازاتِ العادم بالخروجِ منها.



مُحَرِّكاتُ الدِّيزل

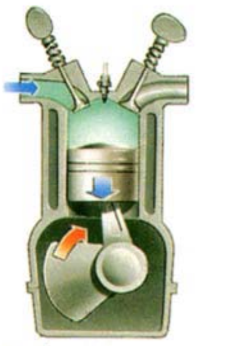
مُحَرِّكُ الدِّيزل كان من إبتِكار المُهَنْدسِ الميكانيكيِّ الألمانيِّ، رُودولْف دِيزل (1858 – 1913) عامَ 1896.

يَضْغطُ مُحَرِّكُ الدِّيزل مَزيجَ الوَقُود والهواءِ إلى حوالى ضِعْفِ ما يَضْغطُه مُحَرِّكُ البِنْزين. وهذا يُسَخِّنُ المَزيجَ إلى ما فيه الكِفايةُ لإشتِعالِه دونَ الحاجةِ إلى شَمْعةِ إشْعال. والمَعروفُ أنَّ وَقُودَ الدِّيزل عادةً أَرْخَصُ ثَمَنًا من البِنْزين. كذلك فإنَّ مُحَرِّكاتِ الدِّيزل تَحْرِقُ الوَقُودَ بِفَعاليَّةٍ أكثَرَ – فتَسْتَهْلِكُ بالتالي وَقُودًا أَقَلَّ.

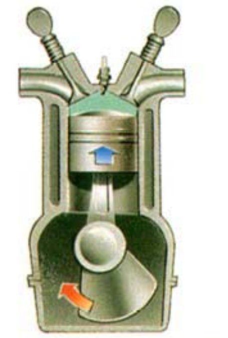
التَّحْسينات

يُمكِنُ تَحْسينُ مُحَرِّكاتِ البِنْزين والدِّيزل بزيادةِ فَعاليَّتِها الوَقُوديَّةِ وتَخْفيضِ التلَوُّثِ الذي تَبْتَعِثُه عَوادِمُها.

في كثيرٍ من تصاميمِ المُحَرِّكاتِ الجديدة، استُبْدِل بالمُكَرْبِناتِ مَحاقِنُ الوَقُودِ الإلكترونيَّةُ التي تَضُخُّ الوَقُودَ داخِلَ الأُسْطُوانةِ أثناءَ شَوْطِ السَّحْب. ويَتَحَكَّمُ مُعالِجٌ صُغْرِيٌّ في كَمِّيَّةِ الوَقُود المَحْقونةِ وفي توقيتِ الحَقْنِ، بحيثُ يَحْتَرِقُ الوَقُودُ بِفعاليَّةٍ أكثَرَ وبِمُلَوِّثاتٍ أقَلَّ.



1 شَوْطُ السَّحْب: يَهْبِطُ الكَبّاسُ، ساحِبًا الهواءَ والوَقُودَ إلى داخِلِ الأُسْطُوانة.



2 شَوْطُ الإنضِغاط: الكَبّاسُ الصاعِدُ يَضْغَطُ مَزيجَ الوَقُود والهواء.

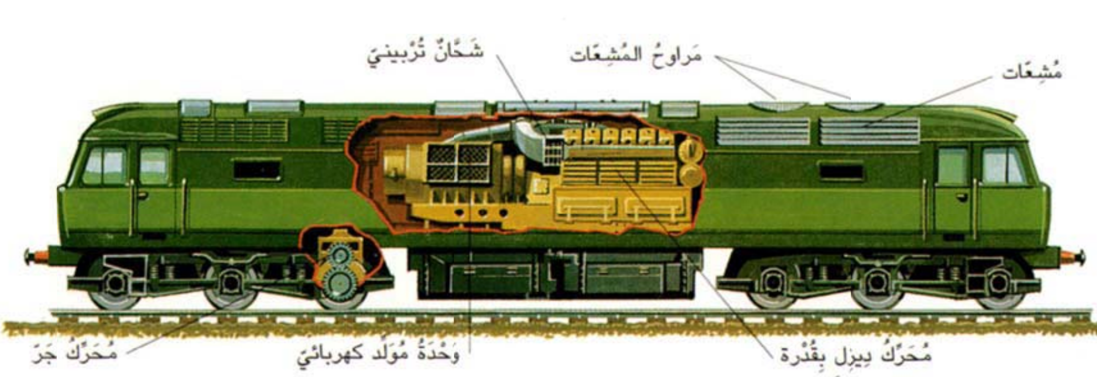


3 شَوْطُ القُدْرة: تُشْعِلُ شَرارةٌ مَزيجَ الوَقُود والهواءِ فيَشْتَعِلُ المَزيجُ مُتَفَجِّرًا دافِعًا الكَبّاسَ سَفْلًا بقُوَّة.



4 شَوْطُ الإنفِلات: يَصْعَدُ الكَبّاسُ ويَطْرُدُ غازاتِ العادم إلى الخارِج.

▲ تُسْتَخْدَمُ الدَّوْرةُ الرُّباعيَّةُ الأَشْواط في مُعْظَمِ مُحَرِّكاتِ السيّارات. وأشواطُ الكَبّاس الأربعةُ هذه هي أشواطُ السَّحْبِ والإنضِغاطِ والقُدْرةِ والإنْفِلات. وشَوْطُ القُدْرةِ فقط هو الذي يُديرُ العمودَ المِرْفقيَّ. وفي المُحَرِّكِ الرُّباعيِّ الأَشْواط تكونُ كُلُّ أُسْطُوانةٍ في مَرْحلةٍ مُخْتلِفةٍ من التَّسَلْسُلِ في أيِّ وَقْت.



◄ يُديرُ مُحَرِّكُ الدِّيزل في قاطرةِ دِيزل كهربائيَّةٍ مُوَلِّدًا كهربائيًّا يُزَوِّدُ مُحَرِّكاتِ الجَرِّ الكهربائيَّة للقاطرة بالقُدْرة. ويَضُخُّ شَحّانٌ تُرْبينيٌّ الهواءَ إلى داخلِ المُحَرِّك مِمّا يُنْتِجُ قُدْرةً أكثَر.

أُنْظُر أيضًا

النِّفْط والتكرير ص 210 – 211
الإحتِراق ص 254
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295

المُحَرِّكاتُ النفَّاثة والتُّرْبيناتُ الغازيَّة

المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ تَدْسُرُ الطائراتِ إلى الأَمام بدَفْعِها الغازاتِ إلى الوراءِ بسُرعةٍ عالية. والتُّرْبيناتُ الغازيَّةُ تُحَوِّلُ قُوَّةَ الغازاتِ المُتَمَدِّدة إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة.

المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ تَسْتطيعُ دَسْرَ الطائرات بِسُرعاتٍ أعلى من المُحَرِّكاتِ المِرْوحيَّة، وذلك بحَرْقِ مَزيجِ الوَقُود والهواء المَضْغوط في حُجْرةِ احتِراقٍ وطَرْدِ غازاتِ الاحتِراقِ خَلْفًا.

التُّرْبيناتُ الغازيَّةُ مَثيلةٌ للمُحَرِّكات النفَّاثة؛ لكِنَّ الغازاتِ الحارَّةَ التي تُنْتِجُها تُسْتَخْدَمُ لإدارةِ تُرْبين.

وفي كلا الحالَيْن، يَدْخلُ الهواءُ إلى المُحَرِّكِ من الجِهَةِ الأَماميَّةِ فَيُضْغَطُ بسِلْسِلةٍ من التُّرْبينات. ثُمَّ يَدْخلُ إلى حُجْرةِ الاحتِراق حيثُ يُمْزَجُ بالوَقُود؛ ويُشْعَلُ مَزيجُ الوَقُود والهواء فيَحْتَرِقُ بعُنْفٍ مُنتِجًا غازاتٍ حارَّةً مُتَمَدِّدة.

الغازاتُ الحارَّةُ تَمُرُّ عَبْرَ تُرْبينٍ آخر وهي تُغادِرُ حُجْرةَ الاحتراق. هذا التُّرْبينُ يُديرُ الضاغِطَ في مُقَدِّمةِ المُحَرِّك.

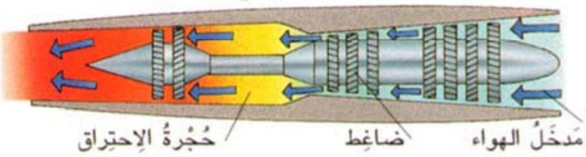
في طائرةٍ ذاتِ مُحَرِّكٍ نفَّاث، هذه الغازاتُ تُفْلِتُ من المُؤَخِّرةِ بسُرعةٍ عالية فتَدْسُرُ الطائرةَ قُدُمًا.

المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ البَسيطةُ تُسَمَّى مُحَرِّكاتٍ تُرْبينيَّةً نفَّاثة. وهي قادِرةٌ على دَفْعِ الطائرات بِسُرعاتٍ عظيمة؛ لذا تُسْتَخْدَمُ في دَسْرِ الطائراتِ العَسْكريَّة. لكِنْ يُؤخذ على المُحَرِّكاتِ التُّرْبينيَّةِ النفَّاثة أنَّها كثيرةُ الضَّجيج وغيرُ عاليةِ الكِفاية الوَقُوديَّة.

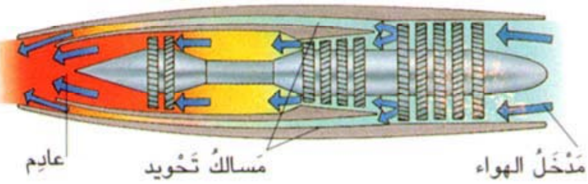
الطائراتُ النفَّاثةُ تُجهَّزُ عادةً بمُحَرِّكاتٍ نفَّاثةٍ تُسَمَّى مُحَرِّكاتٍ مِرْوحيَّةً تُرْبينيَّةً. الضاغِطُ في المُحَرِّكِ المِرْوحيِّ التُّرْبينيِّ يَسْتَقِطُ هواءً أكثرَ مِمَّا يَحْتاجُه الوَقُودُ الذي يَحرِقُه. والهواءُ الفائضُ يَمُرُّ حولَ حُجْرةِ الاحتِراق ويُدْفَعُ خارجًا عَبْرَ مُؤَخَّرةِ المُحَرِّك. المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ أقلُّ ضَجيجًا وأكثرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ التُّرْبينيَّةِ النفَّاثة.

في التُّرْبينِ الغازيِّ، تُسْتَخْدَمُ قُوَّةُ الهواءِ المُتَمَدِّدِ المُنْفَلِتِ من حُجْرةِ الاحتِراق في تَدْويرِ تُرْبين. ودَورانُ عمودِ الإدارة في هذا التُّرْبين يُمكِنُ استِخْدامُه في تَدْويرِ مُوَلِّدٍ كَهْربائيٍّ مثلًا.

مُحَرِّكٌ تُرْبينيٌّ نفَّاث



مُحَرِّكٌ مِرْوحيٌّ تُرْبينيّ



المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ أهدأُ وأكثَرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ التُّرْبينيَّةِ النفَّاثة البَسيطة. المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ تدفَعُ الهواءَ حولَ مُحَرِّك الاحتِراق وعَبْرَه.



صَمَّمَ المُهَنْدِسُ البريطانيُّ فرانك ويتِل (1907 – 1996) أوَّلَ مُحَرِّكٍ نفَّاث. وأُولى الطائرات التي جُهِّزَتْ بأحدِ مُحَرِّكاتِه بنَجاحٍ طارَتْ في العام 1941.

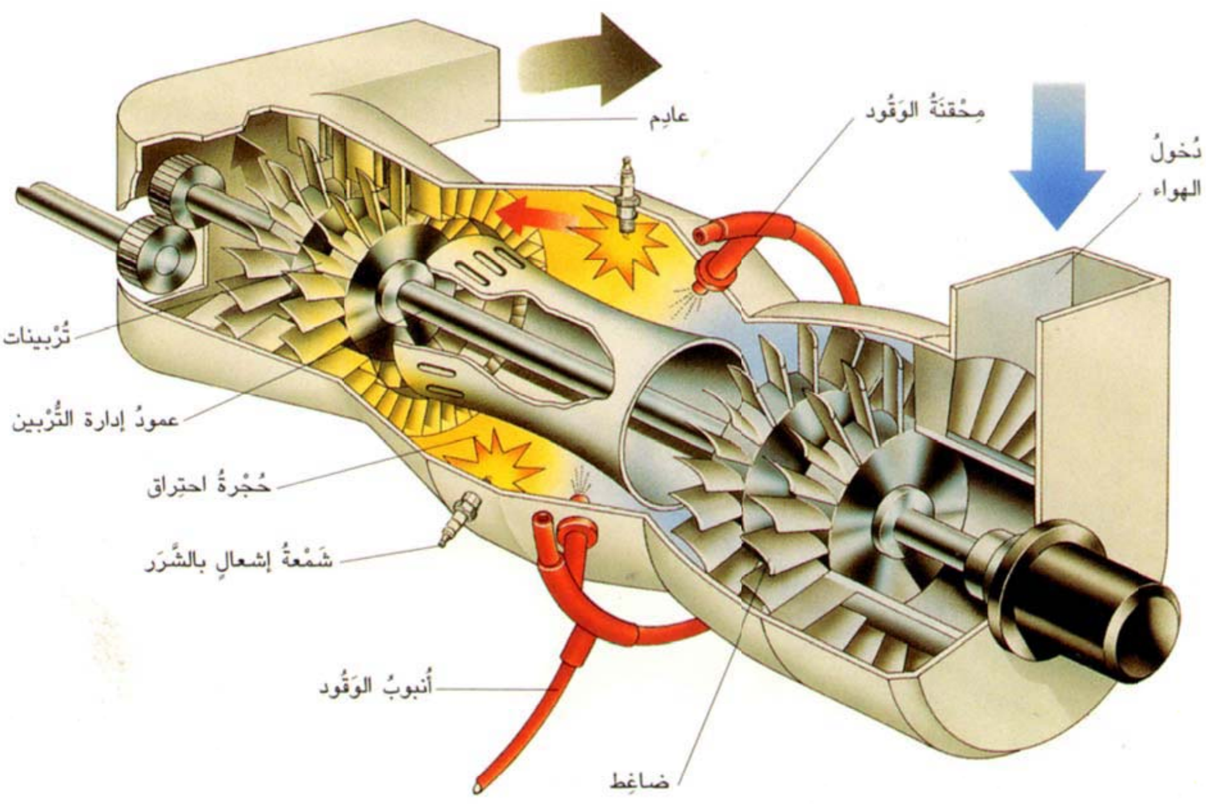


طائرةُ الكونكورد تَنْطلِقُ، بقُدْرةِ الدَّسْرِ النفَّاث، بِسُرعاتٍ تفوقُ سُرعةَ الصَّوْت.



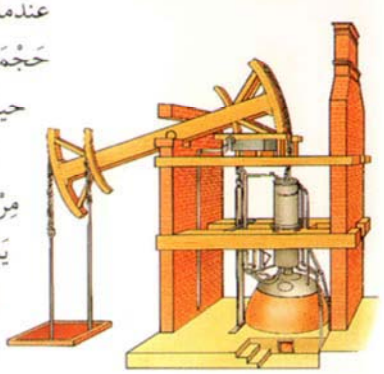
الأَرياشُ الدوَّارةُ التي تُبْقي هِليكُوبْترات الشِّينوك مُحَلِّقةً في الهواء تُدارُ بأحَدِ أنواع التُّرْبيناتِ الغازيَّة.

في مَنْظومةِ تُرْبينٍ غازيّ، يَدْفَعُ ضاغِطٌ الهواءَ إلى داخلِ حُجْرةِ الاحتِراق، حيثُ يَمْتزِجُ بالوَقُود، ويُشْعَلُ المَزيجُ بشَرارة. باحتِراقِ الوَقُود تَنْتُجُ غازاتٌ حارَّةٌ وتتَمَدَّدُ – فتُديرُ مُتواليةً سِلْسليَّةً من الأرياشِ المِرْوحيَّةِ تُسَمَّى تُرْبينًا (عَنَفةً). يُمكِنُ استِخْدامُ دَورانِ التُّرْبين لإدارةِ مُوَلِّدٍ كَهْربائيٍّ بالإضافةِ إلى إدارةِ الضاغِطِ في مَدْخَلِ هواءِ التُّرْبين.



المُحَرِّكاتُ البُخاريَّة

المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تَسْتَخْدِمُ البُخارَ المَضْغوطَ من مِرْجَلٍ لِدَفْعِ الكَبّاسات (المكابِس). فهي تُحَوِّلُ الطاقةَ الحراريَّةَ، من حَرْقِ الوَقود، إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة.



المُهَنْدِسُ البريطانيُّ تُوماس نيُوكومِن (1663 – 1729) ابتكرَ نَمطًا من المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة الأوائل عامَ 1705. وكان يُسْتَخْدَمُ في ضَخِّ الماءِ من المناجِم.

عندما يُغْلَى الماءُ في قِدْرٍ مكشوفةٍ، يُنْتِجُ حوالى 2000 مرَّةٍ حَجْمَه من البُخار. أمّا إذا أُغلِيَ في وعاءٍ مُحْكَمِ السَّدِّ، حيثُ لا يَسْتطيعُ التمَدُّد، فإنَّ ضغطَ البُخار يَزْداد.

المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تُتيحُ للبُخارِ المَضغوط، من مِرْجَلٍ مُحْمًى، التمَدُّدَ في أُسْطُواناتِها. وهذا التمَدُّدُ يَدْفَعُ الكبّاسَ للتَّحرك على طُولِ الأُسْطُوانة. وعندما يَقْتَرِبُ الكبّاسُ من أحدِ طرَفَي الأُسْطوانة، يَنْفَتِحُ صِمامٌ فيَدْفَعُ البُخارُ المَضغوطُ الكبّاسَ في الاتِّجاهِ المُعاكِس. وبينما يَحْدُثُ ذلك، يُفْلِتُ البُخارُ على الجانبِ الآخر من الكبّاس. ويُحَوِّلُ ذِراعُ التوصيل والمِرْفَقُ (ساعدُ التدوير) حركةَ الكبّاس جَيئةً وذَهابًا إلى دَورانٍ في عمودِ الإدارة.

تاريخُ المُحَرِّك البُخاريّ



المُخْترِعُ البريطانيُّ جيمْس واط (1736 – 1819) طَوَّرَ أوَّلَ مُحَرِّكٍ بُخاريٍّ عَمَليّ. ففي العام 1764، ابتكرَ واط مُكَثِّفًا مُستَقِلًّا يُعيدُ البُخارَ المُسْتَهْلَكَ إلى ماءٍ لاستِخْدامِه مُجَدَّدًا.

بعضُ المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة الأُولى كانت من تصميم تُوماس نيُوكومِن أوائلَ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر. وهي كانت تُسْتَخْدَمُ لِضَخِّ الماءِ من مَناجِم الفَحْم. وفي عَقْدِ السِّتِّينيَّاتِ من القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، أدخَلَ جيمْس واط تَحْسيناتٍ على تَصاميم نيُوكومِن السابِقة. ومع نِهايةِ ذلكَ القَرْن كانت المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تُسْتَخْدَمُ على نِطاقٍ واسِعٍ لإدارةِ المِكْناتِ في المَصانع.

في العام 1804، قامَ المُهَنْدِسُ البريطانيُّ ريتْشارد تْريفيثِك (1771 – 1833) بتَصْميم وبناءِ أوَّلِ قاطِرةٍ بُخاريَّة. وظَلَّتِ القاطِراتُ البُخاريَّةُ تُستَعْمَلُ على نِطاقٍ واسِعٍ حتَّى السِّتِّينيَّات من القَرْنِ العِشْرين.

التُّرْبيناتُ البُخاريَّة

في العام 1884، ابتكرَ المُهَنْدِسُ الإرلنديُّ تشارلْز پارسُونْز (1854 – 1931) تُرْبينًا بُخاريًّا يَسْتَخْدِمُ البُخارَ المُتمَدِّدَ لِتَدْويرِ عَمودِ إدارة. وبحُلول عام 1897، كان پارسُونْز قد أنجزَ بِناءَ سَفينةٍ تعمَلُ بالتُّرْبينات البُخاريَّة أسماها «تُرْبينْيا»، وكانت أسْرعَ سفينةٍ في زَمانِها.

للتُّرْبيناتِ البُخاريَّةِ أفضَليَّةٌ على المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة من حيثُ إنَّها تُنْتِجُ حَرَكةً دَورانيَّةً مُباشرةً – فلا تَحتاجُ إلى ذراعِ تَدْويرٍ ومِرْفَقٍ لِتَدْويرِ عمود الإدارة. كما إنَّ التُّرْبيناتِ البُخاريَّةَ أسْلَسُ دَورانًا وأكثَرُ فعاليَّةً من المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة. وهي تَشْغَلُ حَيِّزًا أقلَّ من المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّة ذاتِ القُدْرةِ المُكافئة.

حاليًّا، الاستِخْداماتُ الرئيسيَّةُ للتُّرْبيناتِ البُخاريَّةِ هي في مَحطَّاتِ تَوليد القُدْرة وفي دَسْرِ السُّفُن العامِلةِ بالقُدْرةِ النَّوَويَّة.



▲ البُخارُ من المِرْجَل يَدْفَعُ الكبّاسَ في الأُسْطُوانة. الكبّاسُ مُتَّصِلٌ بمِرْفَقٍ يُحَوِّلُ حَرَكتَه الترَدُّديَّةَ أمامًا وخَلْفًا إلى حَرَكةٍ دائريَّة.



► قاطِراتٌ كهذه، العامِلَةِ بالقُدْرةِ البُخاريَّة، كانت تقومُ بجَرِّ قُطُرِ الرُّكّاب السَّريعةِ بسُرعاتٍ تُقارِبُ 160 كيلومترًا في السَّاعة.

أُنْظُر أيضًا

الهَيْدروليّاتُ والنَّفْحِيّات (حركيّاتُ السَّوائلِ والغازاتِ المَضْغوطة)

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ تَسْتَخْدِمُ سوائلَ مَضْغوطةً لِنَقْلِ القُدْرةِ من مكانٍ إلى آخَر. والمَنْظوماتُ النَّفْحيَّةُ تَسْتَخْدِمُ غازاتٍ مَضْغوطةً للغايةِ نَفْسِها.



القَلّاباتُ على جَناحِ الطائرة هذه تُشَغِّلُها آليّاتٌ هَيْدروليَّة. والرَّفْعُ الذي يُنْتِجُه الجَناحُ يعتَمِدُ على مَواقِعِ هذه القَلّابات.



المَرافِعُ الشَّوكيَّةُ تَسْتَخْدِمُ مَنْظوماتٍ هَيْدروليَّةً لِرَفْعِ أحمالٍ ثقيلةٍ، كصناديقِ الشَّحْن.

إذا ضُخَّ سائلٌ أو غازٌ في طرَفِ أُنْبوبٍ أُفُقيٍّ مُغْلَقِ الطرفِ الآخر، فإنَّ الضغطَ يكونُ مُتَساويًا أينَما كان على طُولِ الأُنبوب. وإذا مالَ الأُنبوبُ على مُنْحَدرٍ، فإنَّ الضغطَ بداخلِهِ يَزْدادُ من أعلى إلى أسْفل بتأثيرِ وَزْنِ الغازِ أو السائلِ الفَوقيّ. لكِنْ، إذا ضُخَّ مَزيدٌ من الغازِ أو السائل إلى داخلِ الأُنبوب، فإنَّ الضغطَ سَيَزْدادُ بالقَدْرِ نَفْسِه في كامِلِ أنحاءِ الأُنبوب.

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ والنَّفْحِيَّةُ تَسْتَخْدِمُ هذه الظاهِرَةَ لِنَقْلِ الضغطِ عَبْرَ شَبَكةٍ من الأنابيب.

الضَّغْطُ والقُوَّة

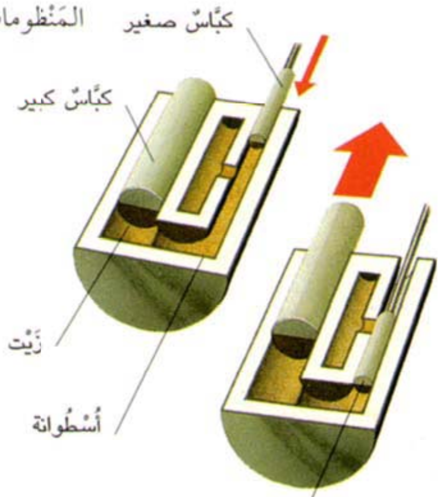
يُعَرَّفُ الضغطُ بمِقْدارِ القُوَّةِ المُؤَثِّرةِ على وَحْدةِ المِساحة (أنظُر ص 311). فإذا ضُخَّ مائعٌ في أُسْطُوانةٍ ذاتِ كبَّاس، فإنَّ القُوَّةَ على الكبَّاس تُساوي ضَغْطَ المائع مَضْروبًا في مِساحةِ المَقْطَعِ العَرْضيِّ للكبَّاس. وإذا ضُخَّ مائعٌ بالضغطِ نَفْسِه تمامًا في أُسْطُوانةٍ مِساحةُ مَقْطَعِها العَرْضيِّ ضِعفُ مساحةِ المَقْطَعِ العرضيِّ للكبَّاس، فإنَّ القُوَّةَ على الكبَّاسِ الأكبَرِ سَتكونُ ضِعْفَ القُوَّةِ على الكبَّاسِ الأصْغَر.

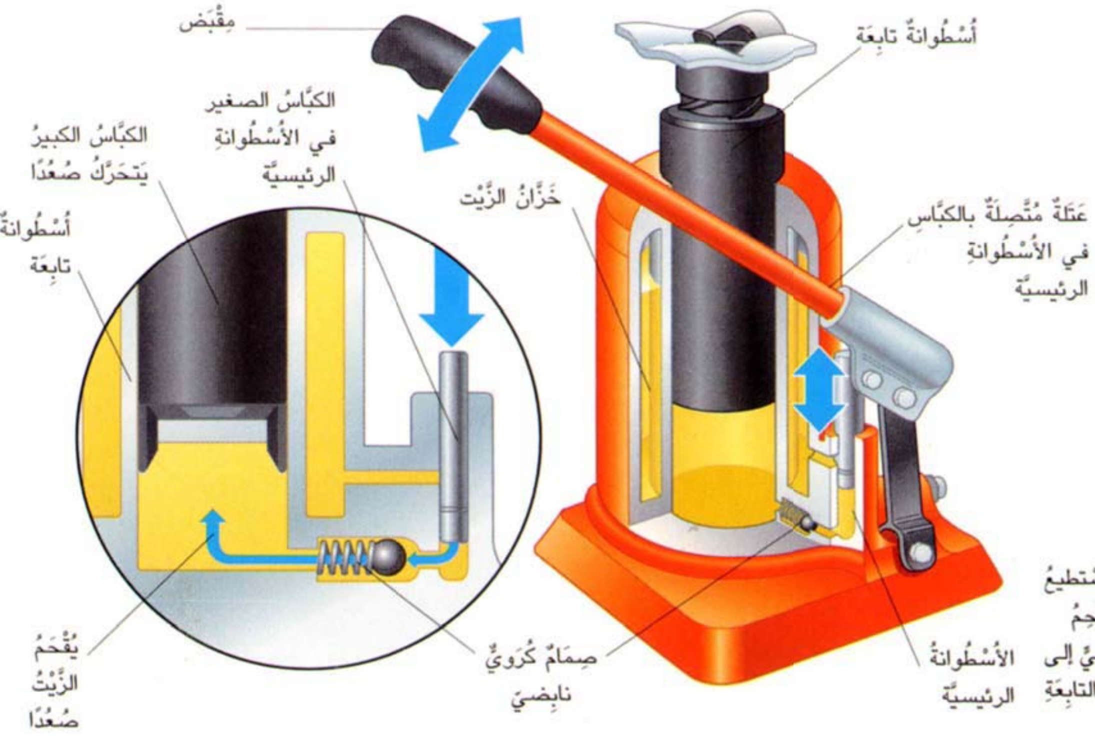
▼ المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ ذاتُ الأسْطُواناتِ المُخْتلفةِ المَقاييس يُمكِنُ استِخْدامُها لِتَضْخيمِ القُوَّة. فالحَرَكةُ الكبيرةُ للكبَّاسِ الصغير تُنْتِجُ حركةً أصغرَ للكبَّاسِ الأكبَر، لكِنْ بِقُوَّةٍ أعْظم.

الهَيْدروليّات (حَرَكيّاتُ السَّوائل)

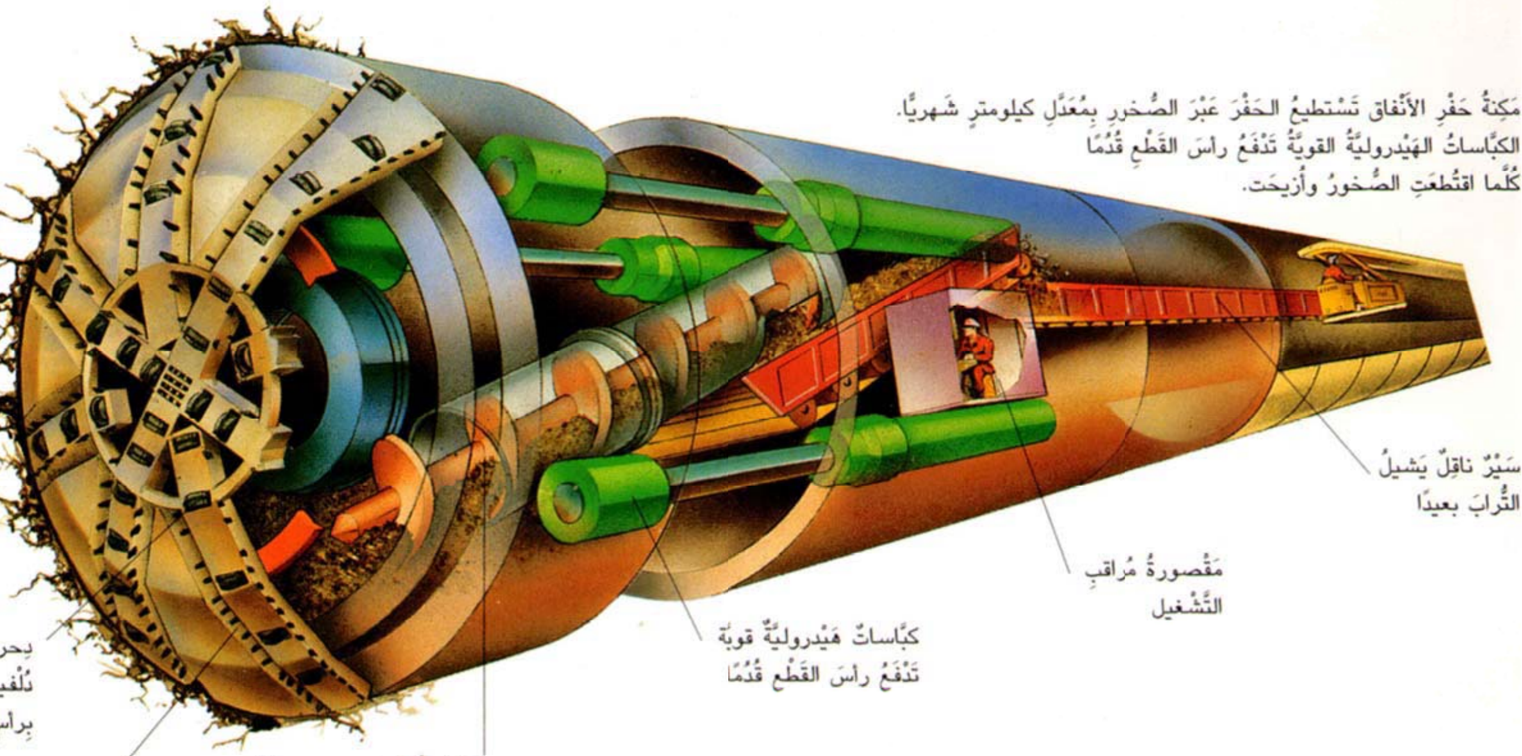
المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ تَسْتَخْدِمُ السوائلَ، عادةً الزُّيوت، لِنَقْلِ الضغطِ عَبْرَ الأنابيب. ويُسْتَخْدَمُ كثيرٌ من هذه المَنْظومات في رَفْعِ أحمالٍ ثَقيلةٍ باستِخْدامِ قُوًى قليلة.

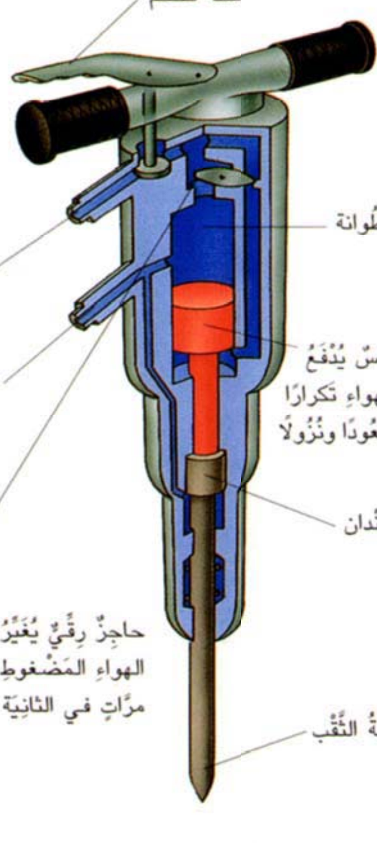
إنَّ ثِقلَ طُنٍّ واحدٍ فوقَ كبَّاسٍ ذي مَقْطعٍ عَرْضيٍّ مِساحتُه مترًا مُرَبَّعًا يُنْتِجُ الضغطَ نَفْسَه كمئةِ غرامٍ على كبَّاسٍ مِساحتُه سنتيمترًا مُرَبَّعًا واحدًا. مِرْفاعُ السيَّارةِ الهَيْدروليُّ يَسْتَخْدِمُ المَبْدأَ نَفْسَه لِرَفْعِ سَيّارةٍ يَدويًّا بضَخِّ الزَّيْت داخلَ أُسْطُوانةٍ كبيرةٍ تَحْمِلُ ثِقْلَ السيَّارة. القُوَّةُ اللازِمةُ ضئيلةٌ لأنَّ الكبَّاسَ الذي يَضُخُّ الزَّيْتَ أصغَرُ بكثيرٍ من الكبَّاسِ الذي يَرْفَعُ السيَّارة.





◄ مِرْفاعُ السيَّارةِ الهَيْدروليُّ هذا، اليَدَويُّ التَّشغيل، يَسْتطيعُ رَفْعَ جانبٍ من السيَّارة عن الأرض. فتَشْغيلُ العَتَلةِ يُقْحِمُ السائلَ في الأُسْطوانةِ الرئيسيَّةِ عَبْرَ صِمَامٍ كُرَويٍّ نابِضيٍّ إلى الأُسْطُوانةِ التابِعَة. وهذا يَجْعَلُ الكبَّاسَ في الأُسْطُوانةِ التابعَةِ يَرْتَفِع.





مِثْقابٌ نَفْحِيٌّ يَسْتَخْدِمُ الهواءَ المَضْغوطَ لِتَحْريكِ كبّاسٍ بِسُرعةٍ صُعُودًا ونُزُولًا. الكبّاسُ يَطْرُقُ سَنْدانًا في أعلى لُقْمةِ الثَّقْب. والخَبَطاتُ المُتكرِّرةُ تُساعِدُ المِثْقابَ في اخْتِراقِ سُطوحٍ صَلْدةٍ كالصَّخْرِ والخَرَسانة.

لكِنْ يُحْتاجُ إلى عِدَّةِ أشواطِ ضَخٍّ لِمَلْءِ الحَيِّزِ في الأُسْطُوانةِ الكُبْرى أثناءَ رَفْعِ السيّارة.

المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّةُ النَّموذجيَّةُ تَسْتَخْدِمُ مِضَخّاتٍ لِتَوفيرِ مائعٍ هيدروليٍّ مَضْغوط. وقد تكفي مِضَخَّةٌ واحدةٌ لِتَوفيرِ المائعِ المَضْغوطِ لِتَشْغيلِ عِدَّةِ كبّاساتٍ هَيْدروليَّةٍ في وَقْتٍ واحد. ويَجْري التحكُّمُ في دَفْقِ المائعِ إلى كُلِّ كبّاسٍ بواسطةِ صِمَاماتٍ خاصَّة. ويُعْتَقُ الضغطُ بِغَلْقِ صِمَامِ إدخالِ المائعِ وتَصْريفِهِ عَبْرَ أُنبوبٍ يُعيدُه إلى الخَزّان.

تُسْتَخْدَمُ الهَيْدروليّاتُ لِتَحْريكِ الأَذْرُعِ الرُّوبوتيَّة، وسَوْقِ مَكِناتِ حَفْرِ الأَنفاق، والتحكُّمِ بقلّاباتِ أَجْنِحَةِ الطائرات، وتَشْغيلِ مَنْظوماتِ الكَبْحِ والقِيادةِ المُوازِرَةِ آليًّا في السيّاراتِ والشّاحنات.

النَّفْحِيّات (حَرَكيَّةُ الغازاتِ المَضْغوطة)

المَنْظوماتُ النفحيَّةُ مَثيلةٌ للمَنْظوماتِ الهَيْدروليَّةِ من حيثُ إنَّها تَسْتَخْدِمُ الأنابيبَ لِنَقْلِ الضَّغْطِ من المِضَخَّةِ إلى عُدَدِ الشُّغْل. والفَرْقُ الرئيسيُّ بينَها هو أنَّ المَنْظوماتِ النفحيَّةَ تَسْتَخْدِمُ الهواءَ بدَلَ المائعِ الهَيْدروليّ.

المَنْظوماتُ النفحيَّةُ لا تُسْتَخْدَمُ في أعمالِ التشغيلِ الثَّقيل، من رَفْعٍ ودَفْع، التي تَقومُ بها المَنْظوماتُ الهَيْدروليَّة. ذلك لأنَّ الهواءَ يَنْضَغِطُ بِسُهولة، فيَنْبَغي ضَغْطُ حُجومٍ ضَخْمةٍ من الهواءِ للحُصولِ على الضُّغُوطِ المُسْتَخْدَمةِ في المَنْظوماتِ الهَيْدروليَّة.

في مُعْظَمِ المَنْظوماتِ النفحيَّة، يُسْتَخْدَمُ الهواءُ المَضْغوطُ لإدارةِ مُحَرِّكاتٍ كبّاسيَّةٍ أو تُرْبينات. فالمِثْقابُ النفحيُّ، مثلًا، يَسْتَخْدِمُ نوعًا من المُحَرِّكاتِ الكبّاسيَّةِ لِسَوْقِ لُقْمتِهِ جيئةً وذَهابًا. أمّا مثاقيبُ الأَسْنان فتُدارُ بتُرْبيناتٍ هوائيَّة. وفي كلا الحالَيْن، يُعْتَقُ الهواءُ بَعدَ الاسْتِعمال.

يُلْجأُ إلى استِخدامِ المُحَرِّكاتِ النفحيَّةِ القُدْرةِ حيثُ يَتَعذَّرُ استِخْدامُ المُحَرِّكاتِ الكهربائيَّةِ الضخمة أو حيثُ يُخْشى من شَرارةِ مُحَرِّكٍ أن تُحْدِثَ انْفِجارًا.



الضَّغْطُ النفحيُّ يَنْفُثُ المُحْتوياتِ الكيماويَّةَ لِمُطْفِئةِ الحَريقِ خارجًا عندما تُشَغَّل.

أنْظُر أيضًا

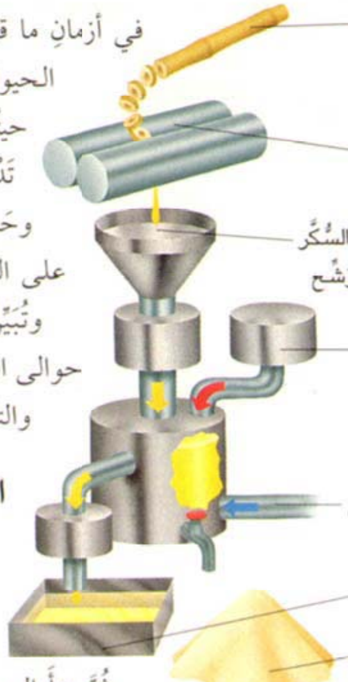
- حالاتُ المادَّةِ ص 156
- الروبوتيّات ص 236 – 237
- النظريَّةُ الحَراكيَّةُ ص 256
- الموائع ص 310
- الضَّغْط ص 311

إنتاجُ الأَغْذِيَة

يُنْتَجُ الغِذاءُ بازدِراعِ الزُّروعِ وحَصْدِ المَحاصيلِ الزِّراعيَّة، كما بِصَيْدِ الأَسْماكِ من البِحارِ والأنهارِ ومَزارِعِ الأَسْماك، وبتَرْبيةِ الماشِيَةِ ونَحْرِها.

في أزمانٍ ما قَبْلَ التاريخ، كان الناسُ يَعْتاشون بتَصَيُّدِ الحيوانات والأَسْماك وتَجميعِ الطَّعام من النَّباتات حيثُما يَجدونها ناميَةً طبيعيًّا. ثُمَّ تعلَّمَ الناسُ تَدْريجيًّا طرائقَ بَذْرِ الحَبِّ وازدراعِ الزُّروع وحَصدِ المَحاصيل وتربيَةِ المواشي للحُصولِ على الطَّعام.

وتُبَيِّنُ شَواهِدُ العادِيات والآثارِ أنَّ الفِلاحةَ بدأَتْ حوالى العام 10 000 ق.م. ومُنْذُئذٍ غَيَّرتِ الاختِراعاتُ والتكنولوجيّاتُ التِّقاناتِ الزِّراعيَّةَ جَذْريًّا.



يُمكِنُ صُنْعُ السُّكَّر من المُصّان (قَصَبِ السُّكَّر) بِهَصْرِ سُوقِ القَصَبِ واستِخْلاصِ عَصيرها. ثُمَّ يُرَشَّحُ العَصيرُ ويُنَقّى باستِخْدامِ الكِلْس (كَرْبونات الكالسيُوم) ويُبَيَّضُ بثاني أُكسيد الكِبْريت ثُمَّ يُعادُ تَرْشيحُه. وتَتكوَّنُ بِلَّوراتُ السُّكَّر بعْدَ أنْ يَتبَخَّرَ الماءُ من المَحْلولِ السُّكَّريِّ النّاتِج.

المَحاصيلُ الغِذائيَّة

استَخْدَمَ المُزارعونَ الأَوائلُ أدواتٍ يَدويَّةً لِفِلاحةِ الأرضِ واجتِناءِ المَحاصيل. وكانَ إنتاجُ الأغذيةِ عمَلًا مُجْهِدًا شاقًّا.

ثُمَّ بدأَ الرومان وشُعوبٌ أُخرى، منذُ القَرْنِ الخامِس الميلاديّ، يَسْتَخْدمون الثيرانَ لِجَرِّ مَحاريثَ مُجَهَّزةٍ بشَفراتِ قَطعٍ حديديَّة – فيَسَّرَ لهُم ذلك فِلاحةَ تُرَبٍ أَقْسى وأعسَرَ من أنْ تُفْلَحَ يَدويًّا.

ومنذُ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، ابتُكِرتْ مَكِنات جعلَتْ أعمالَ البَذْرِ والحَصادِ أسهَلَ وأسْرَعَ. وفي القَرْنِ العِشْرين، أتاحتِ الآليّاتُ المُمَكْنَنَةُ (المُجهَّزةُ بالمُحَرِّكات) فِلاحةَ مِساحاتٍ أوسَعَ في وقتٍ أقلّ.



يَجْري قِطافُ هذه الفُلَيفلةِ الخَضْراء في مزرعةٍ حديثةٍ يدَويًّا – كما هي الحالُ في الكثيرِ من الثِّمارِ والخضراواتِ الأُخرى؛ ثُمَّ تُنْقَلُ على سَيْرٍ ناقِلٍ إلى الشّاحنات.

وفي ذاكَ القَرْنِ أيضًا، ساعدَ استِخْدامُ الأَسْمدةِ الاصطناعيَّةِ والمُبيدات الحَشَريَّةِ في زيادةِ إنتاجيَّةِ المَزارِع. وأسهَمَ في ذلك أيضًا التعديلُ الجِينيُّ واستِنْسالُ أنواعٍ نباتيَّةٍ أكثَرَ إنتاجيَّةً.

ولا يَزالُ الكثيرُ من المَحاصيلِ يُجْنَى باليَد، كما هي الحالُ في أوراقِ الشّاي وبعضِ الثِّمارِ والخَضراوات. ويُتَوقَّعُ أن تُمَكْنَنَ هذه المُهِمّاتُ بآليّاتٍ ورُوبوتاتٍ خاصَّةٍ في المُسْتَقْبل.

الأَسْماكُ والمأكولاتُ البَحْريَّةُ الأُخرى

صَيْدُ السَّمَك هو إحدى أهَمِّ الصِّناعاتِ الغِذائيَّةِ في العالَم. إذْ يُصْطادُ حوالى 100 مليونِ طُنٍّ من الأَسْماكِ والمأكولاتِ البَحْريَّةِ الأُخرى سَنَويًّا. ورُغْمَ أنَّ المُحيطاتِ شاسِعةٌ، فإنَّ مُعظَمَ الأَسْماكِ تَعيشُ وتُصْطادُ ضِمْنَ مدَى 100 كيلومترٍ من السَّواحل.

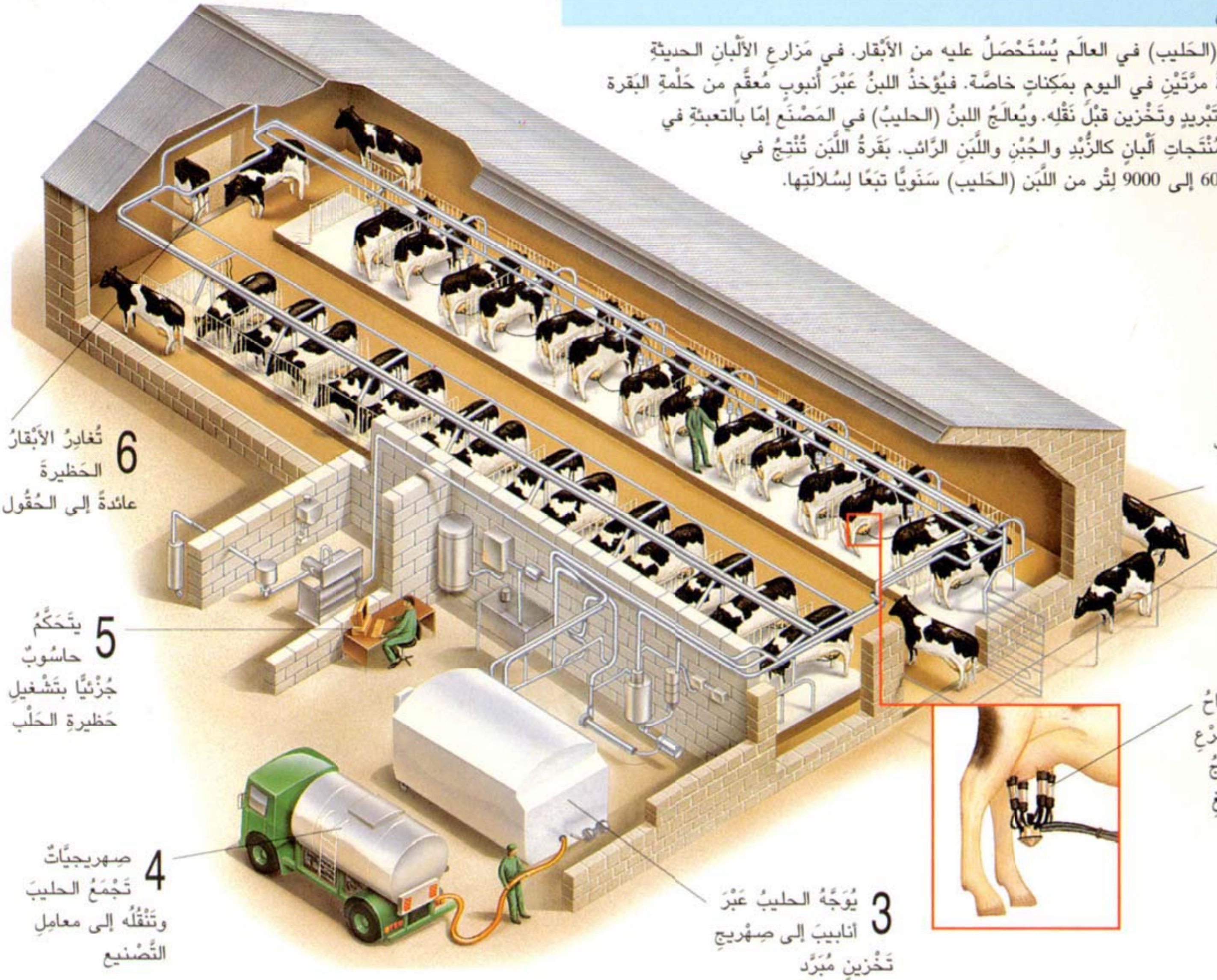
التَّحْسيناتُ في تِقاناتِ صَيْدِ الأَسْماك خِلالَ القَرْنِ العِشْرين شَمَلَتْ استِخْدامَ السَّبْرِ الصَّدَويِّ لِتَحْديدِ مَواقِع



◄ الحَصّادةُ الدرّاسة مَكِنةٌ مُزْدَوجةُ العَمَل في حَصادِ المَحاصيل الزراعيَّة الغِلاليَّة كالحِنْطة (القَمْح) والشُّوفانِ والشعير. بدايةً يَقومُ دولابُ القَطْعِ بحَصْدِ السُّوقِ النامِيَةِ التي يَجْري دَرْسُها في أُسْطُوانةٍ دَوّارةٍ تَفْصِلُ الحَبَّ عن القَشّ. فيُقْذَفُ القَشُّ من مُؤَخَّرةِ المَرْكَبةِ فيما يَتجَمَّعُ الحَبُّ في قادوس. ومن حينٍ لآخر يُحَمَّلُ هذا الحَبُّ على شاحناتٍ بواسطةِ ذِراعِ صَبِّ الحبُوب.

تَرْبِيَةُ أَبْقار اللَّبَن

مُعظمُ إنتاجِ اللَّبَنِ (الحَليب) في العالَم يُسْتَحْصَلُ عليه من الأَبْقار. في مَزارِعِ الأَلْبانِ الحديثَةِ تُحْلَبُ الأَبْقارُ عادةً مرَّتَيْنِ في اليوم بمَكِناتٍ خاصَّة. فيُؤخَذُ اللبنُ عَبْرَ أنبوبٍ مُعقَّمٍ من حَلْمَةِ البَقرة مُباشَرةً إلى غُرفةِ تَبْريدٍ وتَخْزينٍ قبْلَ نَقْلِه. ويُعالَجُ اللبنُ (الحليبُ) في المَصْنَعِ إمّا بالتعبِئةِ في قواريرَ أو يُصَنَّعُ مُنتَجاتِ أَلْبانٍ كالزُّبْدِ والجُبْنِ واللَّبَنِ الرّائب. بَقرةُ اللَّبَنِ تُنْتِجُ في المُعَدَّلِ ما بين 6000 إلى 9000 لِتْرٍ من اللَّبَنِ (الحَليب) سَنَويًّا تبَعًا لِسُلالَتِها.



أَسْرابِ السَّمَك وتَتَبُّعِها. يُضافُ إلى ذلك سُفُن مِجْزافيَّةٌ مُكْتَمِلةُ التَّجْهيزات تَصْطادُ الأَسْماكَ بأعدادٍ ضَخْمةٍ وتُجَمِّدها في رِحْلةٍ واحدة. ومُنْذُ عَقْدِ الأَرْبَعينيّات من القَرْنِ العِشْرين، أدَّى القَلَقُ على تدَنِّي الثرواتِ السمكيَّةِ إلى فَرْضِ قُيودٍ على حُجومِ الأَسْماك التي يُصَرَّحُ بصَيْدِها من أنواعٍ مُعَيَّنةٍ منها بمُقْتَضى مُعاهداتٍ وقوانينَ خاصَّة. وفي الوقتِ نَفْسِه ابتُدِئَ بتَرْبِيةِ الأسماكِ بأعدادٍ مُتَزايدةٍ في أحواضٍ أو بِرَكٍ أو أقفاصٍ تحْت مائيَّةٍ في مَزارِعَ سَمَكيَّة.

وأَسْماكُ المَزارِعِ هي غالبًا من السَّلْمون والتُّروْت وبلَحِ البَحْرِ والمَحار. ويُقدَّرُ أنّ حوالى عُشْرِ مُجمَلِ المأكولات البَحريَّة التي تُسَوَّق حاليًّا مَصْدَرُه مَزارِعُ سَمَكيَّة.

أغذِيَةٌ من الحيوانات

لقد رَبَّى البَشَرُ الحيواناتِ للإفادةِ من بَيْضِها ولَحْمِها ولَبَنِها مُنْذُ حوالى العام 9000 ق.م. لكِنَّ مَزارِعَ الحيواناتِ لم تَطَوَّرْ كَصِناعَةٍ إلّا منذُ عَهْدٍ قريبٍ نِسْبيًّا.

مُعظَمُ مَزارِعِ الأَلْبان أضْحَت مُمَكْنَنةً في القَرْنِ العِشْرين، ورُبِّيَتِ الدواجِنُ، من طيُورٍ وماشِيَةٍ، جماعاتٍ في حَظائرَ لِتَخْفيضِ التكاليف. كذلك بدأَ المُزارِعون يَسْتَخْدِمونَ أنماطًا جديدةً من التَّغْذيَةِ والمُضادّاتِ الحيَويَّةِ والعَقاقيرِ الأُخرى لِتَحْسينِ النِّتاج. ومنذُ السِّتّينيّاتِ من القَرْنِ العِشْرين أخذ الإِزْدِراعُ العُضْويُّ (دونَ استِعمال الكيماويّات) يَكْتَسِبُ شَعْبيَّةً ورَواجًا.

على بَعْضِ مَراكِبِ صَيْدِ السَّمَك الكبيرةِ يُعالَجُ الصَّيْدُ للتَّسْويق أثناءَ الإبحار. فعندما تُرفَعُ شِباكُ الجَزْفِ إلى سَطْحِ المَرْكَب، يَجْري أوّلًا فَرْزُ الصَّيْدِ (السَّمَك المَصيد) إلى أنواعِه المُخْتلفة. ثُمَّ تُزالُ أحشاءُ السَّمك وأعفاجُها (أعضاؤها الداخليَّة) وتُنَظَّفُ قبْلَ تَوضيبِها مع الجَليد في صناديق تُخْتَزَنُ في حُجَيْراتِ تَجْميدٍ تحتَ سَطْحِ المَرْكَب. هذه المُعالَجةُ تَحْفَظُ الأَسْماكَ طازَجَةً في طريقِها إلى السُّوق.



أُنْظُر أيضًا

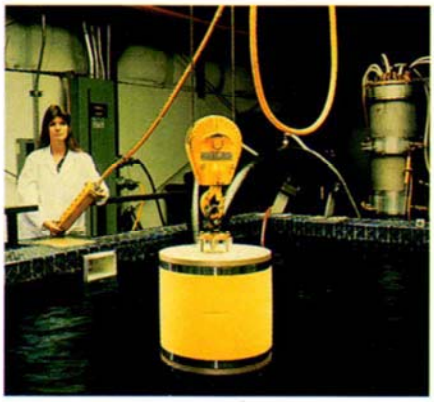
النَّباتاتُ والنّاس ص 66 – 67
الغِذاءُ والتَّغْذِيَة ص 126
مُعالَجةُ الأَغْذِيَة ص 232 – 233

مُعالَجةُ الأَغْذِيَة

يُعالَجُ الكثيرُ من المَوادِّ الغِذائيَّة قبْلَ نَقْلِه إلى المَتاجِر. وتتعَلَّقُ هذه المُعالَجات في مُعظمِها بأمورِ تَوضيبِ المأكولاتِ وحِفْظِها.

بعضُ أنواعِ الأَطْعمةِ من ثِمارٍ وخَضراواتٍ مُعَيَّنةٍ، لا يَحْتاجُ إلّا إلى القليلِ من المُعالَجة. ففي كثيرٍ من الحالاتِ، تَقْتَصِرُ تلك المُعالَجةُ على التنظيفِ والمُعايَنةِ والتَّصنيفِ قبْلَ التوضيبِ في صناديقَ والإيصالِ إلى المَتاجرِ والزَّبائن. لكِنَّ كثيرًا من الموادِّ الغِذائيَّةِ يُحَضَّرُ ويُوَضَّبُ في معاملَ أو وَحَداتٍ خاصَّةٍ لِمُعالَجةِ المأكولات. وغالِبًا ما تكونُ هذه المَصانِعُ مُؤَتْمَتةً (مُشَغَّلةً أوتوماتيًّا) عاليةَ الكَفاءة. فبعضُ المَكِناتِ تَكْشِفُ الموادَّ الغذائيَّةَ التالِفَةَ أو المُخالِفةَ للمُواصفاتِ وتَنْبِذُها. وبَعْضُها الآخَرُ يَمْزُجُ الأطعمةَ ويَطْبُخُها أو يَخْبِزُها ويُهَيِّئُها بالشَّكلِ المَطلوبِ قبْلَ تَعْليبِها في عُلَبٍ مَعْدِنيَّةٍ أو كرتونيَّةٍ أو تَجْميدِها – ثُمَّ تَوضيبِها آليًّا.

تُعالَجُ المأكولاتُ غالبًا لإكسابِها نَكْهَةً مُشَهِّيَةً أو لِجَعْلِها سَهْلَةَ المُتَناوَل. فالثمارُ والخَضراواتُ غالبًا ما تُغْسَلُ وتُقَشَّرُ وتُقَطَّعُ قبْلَ عَرْضِها للبَيْع؛ وبعضُ أصنافِ الأجبانِ يُوَضَّبُ كشرائحَ إفراديَّة. كذلك يُصَمَّمُ تَعْليبُ المأكولاتِ وتَوضيبُها بِشَكلٍ يجتذِبُ الزبائنَ ويَزيدُ المَبيعات.



خَبيرةٌ تِقنيَّةٌ في مُختبرٍ لإحدى شركاتِ الأَغْذية في كاليفورنيا، تُدَلّي برميلًا صغيرًا مُعَبَّأً بالثِّمار في حُجْرةِ تَشْعيع. ففي بعضِ البُلدان يَجْري تقَصّي استِخْدامِ التَّشعيع كطريقةٍ لِحِفْظِ المأكولات.



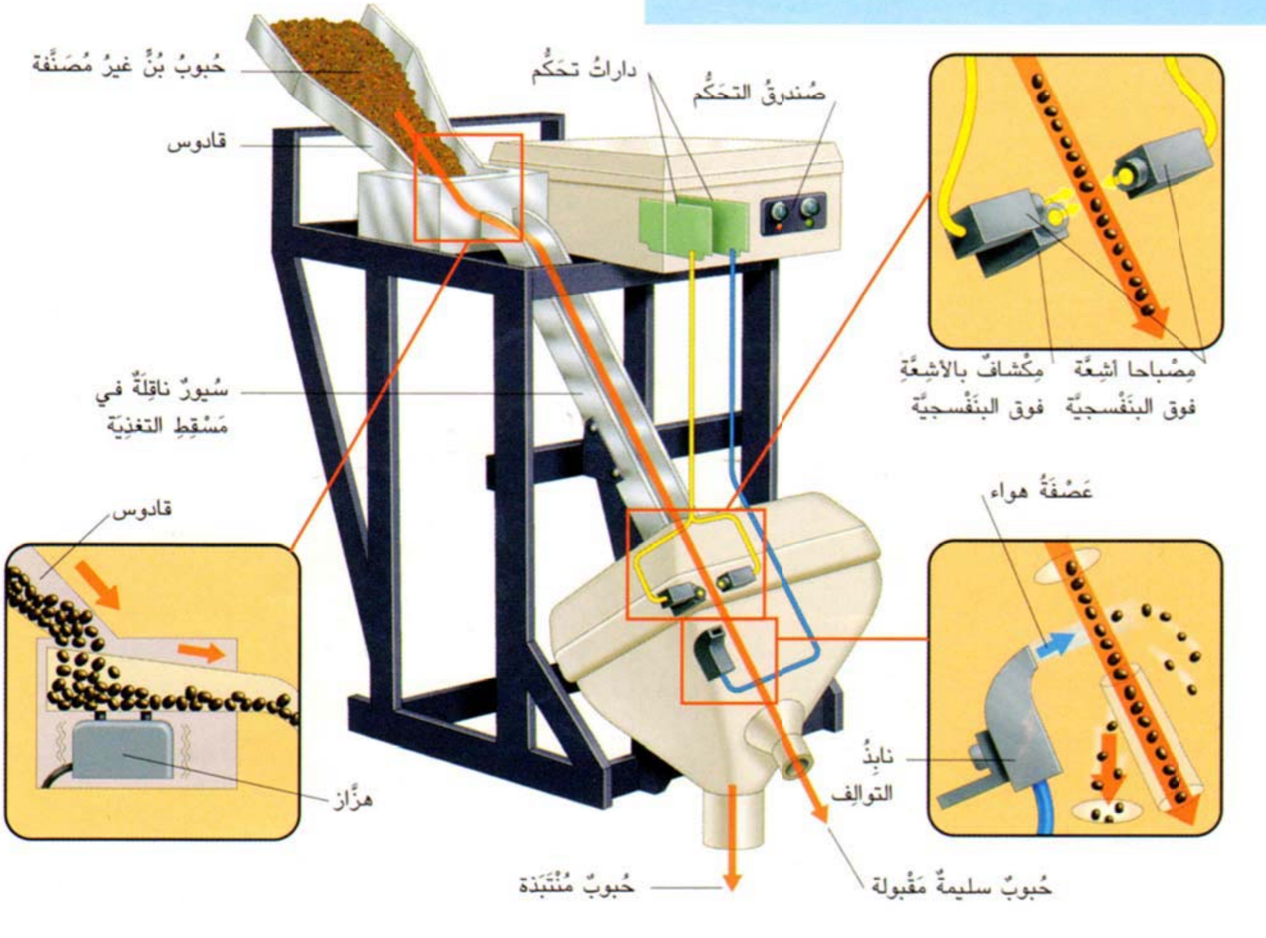
تُسْتَخْدَمُ القواريرُ الزُّجاجيَّةُ واللَّدائنيَّةُ لِتَعْبئةِ عَصيرِ الفواكه والصَّلْصاتِ وموادَّ غذائيَّةٍ سائليَّةٍ أُخرى. على خَطِّ الإنتاجِ هذا، جَرى صَبُّ عَصيرِ التفّاحِ في قواريرَ زُجاجيَّة.

حِفْظُ الأَطْعمة

يَتحَلَّلُ الطَّعامُ ويَتفكَّكُ عندما يتَعَرَّضُ لِفِعْلِ البَكتيريا والمُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّةِ الأُخرى. والتَّلَفُ الذي تُسَبِّبُه هذه المُتعَضِّياتُ قد يُفْسِدُ الطَّعامَ ويُسَبِّبُ أيضًا تَسَمُّمًا غِذائيًّا. فبَعْضُ البَكْتيريا، كأنواعٍ من جِنْسَي البُتْيُولية والسَّلْمونِلَّة، يُمكِنُ أنْ تُسبِّبَ أمراضًا خَطيرةً وأحيانًا المَوْت. وتُسْتَخْدَمُ أساليبُ مُنَوَّعةٌ مُخْتلِفةٌ في حِفْظِ الأَطْعمةِ ومَنْعِ البَكتيريا من إفسادِها.

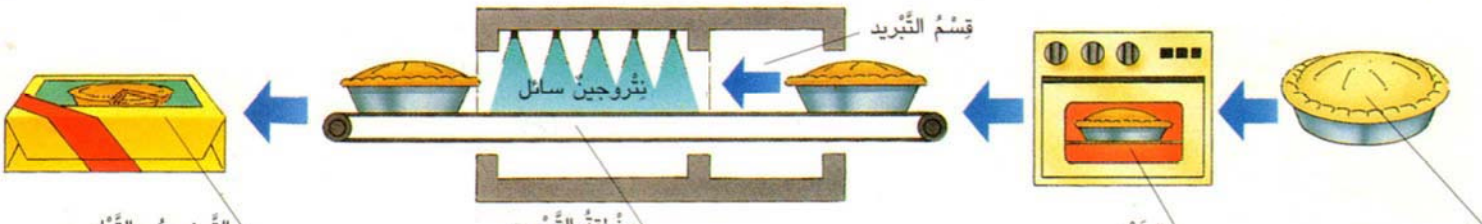
تَصْنيفُ البُنّ

المَكِناتُ الأوتوماتيَّةُ لِتَصْنيفِ حُبوبِ البُنِّ تَسْتَخْدِمُ أشِعَّةَ الضَّوءِ فوقَ البنَفْسجيَّةِ لِاكتِشافِ الحبُوبِ التالِفَة. ثُمَّ تَعْمَلُ عَصْفَةُ هواءٍ على فَصْلِ التوالِفِ عن الحُبوبِ الجيِّدةِ التي يَجْري بعدَئذٍ تَحْميصُها. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ حبَّةَ بُنٍّ تالِفَةً واحِدةً، يُمكِنُ أنْ تُتْلِفَ دُفْعَةَ إنتاجٍ كامِلَةً من البُنّ إذا لم تُزَلْ قبْلَ التَّحْميص.





حُبوبُ البُنِّ هي بُزورُ ثِمارِ شَجَرةِ البُنِّ الكَرَزيَّةِ الشَّكْل. والمَعلومُ أنَّ زِراعةَ البُنِّ هي مَصْدَرُ دَخْلٍ مُهِمٌّ للعَديدِ من البُلدان في النُّطقِ المَداريَّة.



بعضُ الماكولاتِ الجاهِزة، كالفَطائر، يَتِمُّ إعدادُها وخَبْزُها في المَعامِل.

تَخْبِزُ الأَفرانُ الفَطائرَ على درجةِ حرارةٍ مُعَيَّنةٍ ومُراقَبةٍ دقيقةٍ لِفَتْرةٍ زمنيَّةٍ مُحَدَّدة.

تَبْرُدُ الفَطيرةُ على سَيْرٍ ناقِلٍ أثناءَ مُرورِها نحو مِنْطقةِ التَّجْميد.

رَشاشٌ من النِّتْروجين السائلِ على درجة – 196°س تُجَمِّدُ الفطائرَ بِسُرعة. وفي مَنْظوماتٍ أُخرى تُسْتَخْدَمُ عَصْفَةٌ من الهواءِ البارد على درجةِ – 40°س لِتَجْميدِ الأطعمة.

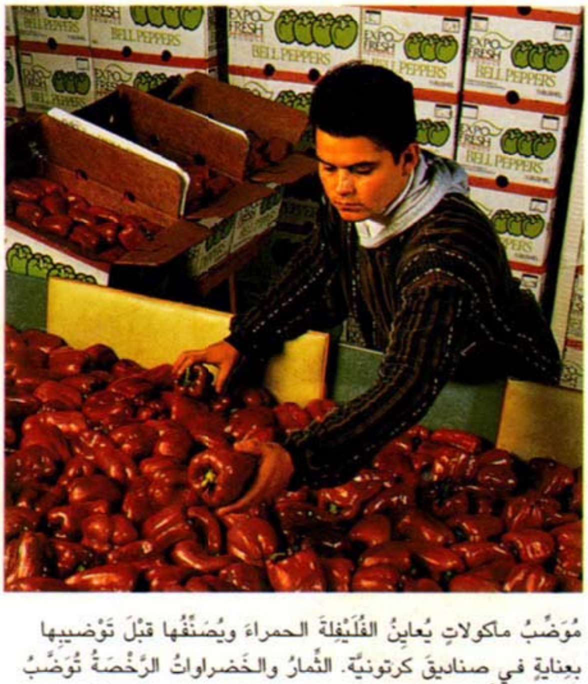
الفَطيرةُ الجاهِزَةُ تُوَضَّبُ وتُغَلَّفُ آليًا ثُمَّ تُعَبَّأُ مَجْموعاتٌ منها في صناديقَ كَرْتونيَّةٍ للتَّوْزيعِ على الحوانيت والمَتاجِرِ الكُبْرى.

في الكثيرِ من الأساليبِ التقليديَّة، يُحْفَظُ الطعامُ بإزالةِ الماءِ، الذي تَحْتاجُه المُتَعَضِّياتُ المِجْهَريَّةُ لِتَنْمو، أو بإضافةِ كيماويَّاتٍ تَحُدُّ من نُمُوِّ تلك المُتَعَضِّيات.

على مَدى قُرونٍ، كان حِفْظُ أنواعٍ مُعَيَّنةٍ من اللُّحومِ والأَسْماكِ يتِمُّ بطريقةِ التَّجْفيف. وفي بعضِ الحالات، يُضافُ المِلْحُ لِتَعْزيزِ المُقاومةِ لِنُمُوِّ البَكتِريا. وفي تِقَنيَّةٍ أُخرى، كان يُجَفَّفُ السَّمَكُ فوق نارٍ مُدَخِّنةٍ، فتَعْمَلُ الكيماويَّاتُ في الدُّخان على قَتْلِ البَكتِريا. كذلكَ فإنَّ الماءَ الشديدَ المُلوحة والسُّكرَ والخَلَّ يُمكِنُها حِفْظُ بعضِ الأطعمة – كونَها تُسَمِّم البَكتِريا.

كثيرٌ من المُتعضِّياتِ التي تُتلِفُ الأطعمةَ تَتطَلَّبُ هواءً لِتَنْمو. لذا تُحْفَظُ بعضُ المأكولات بالتَّوضيبِ الخَوائيِّ أو بَوَضْعِها في أكياسٍ لدائنيَّةٍ مُحْكَمةِ السَّدِّ تَحوي النِّتْروجينَ أو ثاني أُكسيد الكربون بدَلَ الهواء.

هذا ويُمكِنُ تَبْطئةُ نُمُوِّ البَكتِريا بالتَّبريد. فيُسْتَخْدَمُ الجليدُ لِحِفْظِ الطَّعامِ على درجة صِفْر°س، أو يُسْتَخْدَمُ مَزيجٌ من الجليدِ والمِلْح – فيُمكِنُ به تَبْريدُ الأَطْعمةِ على درجةِ – 20°س.



مُوَضِّبُ ماكولاتٍ يُعاينُ الفُلَيْفِلةَ الحمراءَ ويُصَنِّفُها قبْلَ تَوْضيبِها بعِنايةٍ في صناديقَ كرتونيَّة. الثِّمارُ والخَضراواتُ الرَّخْصَةُ تُوَضَّبُ باليَدِ لِتَجَنُّبِ إعطابِها. ولرُبَّما في المُسْتَقبل، سيُمكِنُ تاديةُ هذه المُهِمَّةِ بمَكِناتٍ خاصَّة.

ويُحْفَظُ الكثيرُ من أنواعِ الأَطعمةِ مُبَرَّدًا في ثَلَّاجاتٍ على درجةِ حوالى 4°س. وتُجَمَّدُ بعضُ الأطعمةِ بالنِّتْروجينِ السائلِ أو بالهواءِ البارد وتُحْفَظُ في مُجَمِّداتٍ على درجةِ – 18°س أو أَخفض.

التَّعْليبُ والتَّعْبِئةُ في قوارير

يُمكِنُ تَجهيزُ بَعضِ الأَطعمةِ بطريقةِ التَّعْليبِ السَّدود في عُلَبٍ من الألومنيُوم أو الفُولاذِ المَطْليّ بالقَصْدير. فيُغْلَى الطعامُ في العُلَب لتوليدِ بُخارٍ يَطرِدُ الهواءَ من الفَجْوةِ بين الطعام والغطاءِ قبْلَ قَفْلِه. ثم يُحْكَمُ سَدُّ الغِطاءِ على العُلْبة وتُحْمَى بمُحْتَوياتِها إلى درجةِ حوالى 120°س لِقَتْلِ أيِّ مُتَعَضِّياتٍ مِجْهَريَّةٍ مُتَبَقِّيةٍ في العُلْبة. فلا يُمكِنُ لأيِّ مُتعضِّياتٍ مِجهريَّةٍ جديدةٍ التوصُّلُ إلى الطعام أو التأثيرُ فيه حتَّى تُفْتَحَ العُلْبة.

تُحْفَظُ الأَشْرِبةُ غالبًا في قواريرَ. فيُعقَّم الشرابُ بالبَسْترة على درجةِ حرارة بين 55 وَ 70°س. وهذا يُبيدُ مُعظَمَ المُتَعَضِّياتِ المِجْهريَّة. ثُمَّ يُعبَّأُ السائلُ في قواريرَ مُعَقَّمةٍ مُحْكَمةِ السَّدّ.

التَّشْعيع (التَّعْريضُ للإشعاع)

التَّشْعيعُ تِقانةٌ جَديدةٌ تُقصَفُ فيها الأَطعمةُ بإشعاعاتٍ كأَشِعَّةِ غاما. الإشعاعُ يقتُلُ البَكتِريا، ويَقضي على أيِّ آفاتٍ دقيقةٍ في حُبوب الغِلالِ، ويُبطِئُ العَمليَّاتِ التي تُسَرِّعُ نُضجَ الثِّمارِ والخَضراواتِ وتُلَيِّنُها. لكِنَّ عَمليَّةَ التَّشْعيعِ لا تَزال موضوعَ تَساؤلٍ صِحِّيّ في مُعْظَمِ البُلدان.



عندما يُطْبَخُ الطعامُ في عُلْبةٍ غيرِ مُحْكَمةِ السَّدِّ، يَطْرِدُ بُخارُ الماءِ الهواءَ من الطعام عَبْرَ فَجْوةٍ تحت الغِطاء. ثُمَّ يُحْكَمُ سَدُّ العُلْبةِ وتُحْمَى العُلْبةُ لإبادةِ البَكتِريا.

▲ كثيرٌ من المُنْتَجاتِ الغذائيَّة تُجَمَّدُ في المَصْنع. ثمَّ تَنْقُلُها شاحِناتٌ مُبرَّدةٌ من المَصْنعِ إلى مُسْتَودعٍ ثُمَّ إلى الحوانيتِ والمَتاجرِ الكُبْرى. في المَتْجَر تُعْرَضُ الأَطعمةُ في خزائنِ تَجْميدٍ ويُفْتَرَضُ في الزبائنِ الذين يَبْتاعونَها أنْ يَحْفظوها مُجَمَّدةً حتَّى تُطْبَخَ أو تُشْوَى.



تُسْتَخْدَمُ العُلَبُ الكرتونيَّةُ المُشَمَّعةُ في تَوضيبِ الكَثيرِ من الأَشْرِبةِ والأطعمةِ السائلة – بما فيها عَصيرُ الثِّمار واللَّبَنُ والصَّلْصاتُ وأنواعُ الحِساء المُخْتلِفة.



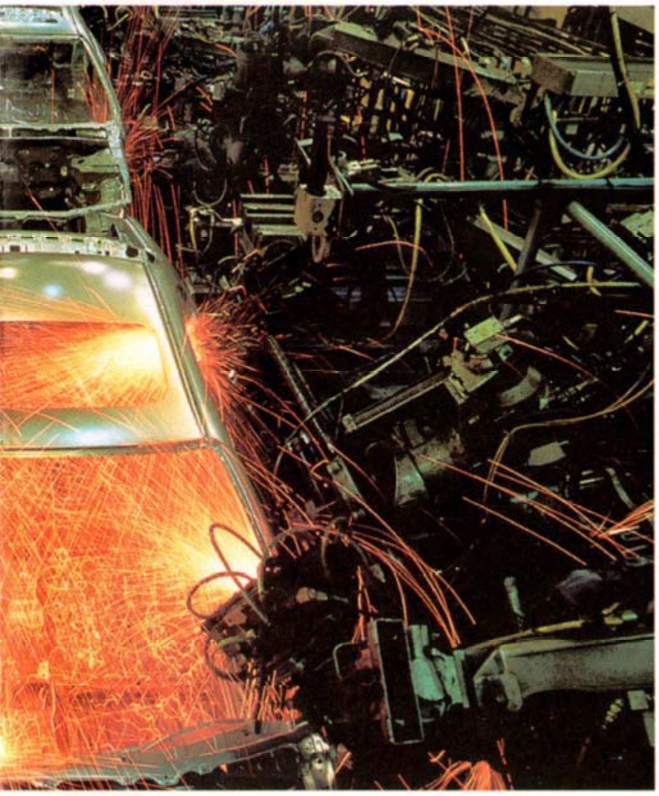
تُسْتَخْدَمُ العُلَبُ المعدنيَّةُ في حِفْظِ وتَوضيبِ أَطْعمةٍ مُتَنوِّعةٍ كالثِّمارِ والفاصوليا المَسْلوقة واللُّحوم المَطْبوخة.

أُنْظُر أيضًا

الغِذاءُ والتَّغْذِيَة ص 126
الهَضْم ص 128 – 129
البَكتِريا والفَيْروسات ص 136

الأَتْمَتَة

الأَتْمَتَةُ هي استِخْدامُ المَكِناتِ لأَداءِ مُهِمَّاتٍ دُون مُساعدةِ البَشَر. تعمَلُ المَكِناتُ المُؤَتْمتَةُ وَفْقًا لِمَجْموعاتٍ من التَّعليماتِ المُبَرْمَجة.



المَكِنةُ أو المُعالَجةُ المُؤَتْمتَةُ تعمَلُ رُوتينيًّا بالقليل من الإشرافِ البَشَريّ أو بدونه. وأمثالُ هذه المَكِنات تَحْكُمُ توالي عَمَليَّاتٍ صغيرة وَفْقًا لِتَعْليماتٍ مُحَوْسَبة.

الحياةُ المُعاصرةُ أخذَتْ تعتَمِدُ على الأَتْمَتةِ في كثيرٍ من المَجالات. فآلاتُ تَسْجيل النقد الإلكترونيَّةِ مثلًا، تتعرَّفُ السِّلعَ بواسطةِ شَفْرةِ الأعْمدة التي هي نَسَقٌ من الخُطوطِ والأَرْقام مُسَجَّلٌ عليها. هذه الشَّفراتُ تُحدِّدُ الأصنافَ والأَسعارَ وتُرسِلُ المَعْلوماتِ إلى حاسُوبٍ مَرْكزيٍّ يَضْبِطُ مَوجوداتِ المخزَن ويُعِدُّ طلباتِ التزَوُّد بالسِّلع المُستنفَدة. كذلك فإنَّ إشاراتِ السَّيْر الضوئيَّةَ، ومضابِطَ التدفئة المَرْكزيَّة وأجهزةَ الطيران الآليّ كُلُّها أمثِلَةٌ على مَنْظوماتٍ مُؤَتْمتَة.



مِحْلَجُ القُطْن اليَدويُّ التدوير، الذي اختُرِعَ عامَ 1793، يَسَّرَ تَخْليصَ الياف القُطن من بُذورها. وكانت عمليَّةُ الحَلْجِ حتَّى تاريخِه تُنَفَّذ باليَد.



هِنْري فُورد (1863 – 1947) كان رائدَ الأَتْمتة في إنتاجِه سيَّاراتِ فُورد طِراز تِ «T». فقد أنتجَتْ خطوطُ التجميع الآليّ في معامله حوالى 15 مليون سيَّارة من هذا الطراز بين عامَي 1908 وَ1927.

خُطُواتٌ نحو الأَتْمتَة

صِيغَ مُصْطلَحُ الأَتْمتَةِ عامَ 1946، مع أنَّ السَّنْترالاتِ التلفونيَّةَ وأجهزةً أُخرى كانت تعمَلُ أوتوماتيًّا قبلَ ذلك. والمعروفُ أنَّ خُطُواتٍ نحو الأَتْمتَةِ كانت قد بُدِئتْ قَبْلَ ذلك بحوالَى القَرْنَيْن.

المَكْنَنةُ هي استِخْدامُ المَكِناتِ للقيامِ بِمُهِمَّاتٍ كان البَشَرُ أنفسُهم يقومون بها سالِفًا. أوَّلُ الأَمْثلةِ على المَكْنَنةِ كانَ في مَصانعِ النَّسيج أواخرَ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، حيثُ استُخْدِمَتِ المَكِناتُ للمَرَّةِ الأولى في غَزْلِ الخُيوط ونَسْجِ الأَقْمِشَة.

المَكِناتُ البِدائيَّةُ كانت بحاجةٍ إلى مُراقبةٍ وضَبْطٍ بَشَريٍّ في كُلِّ خُطْوةٍ من خُطُواتِ التَّشْغيل. ثُمَّ، لاحِقًا، صارَتِ المَكِناتُ تُبَرْمَجُ لأَداءِ تَوالٍ من المُهِمَّات المُتَعاقبة.

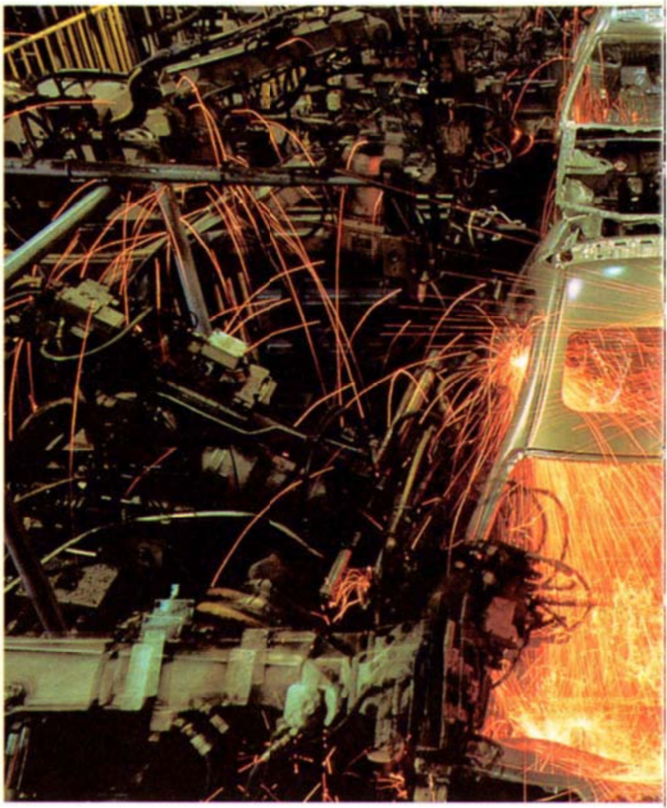
أوَّلُ المَكِناتِ المُبَرْمَجة كان نَوْلًا ابتكرَه المُخْترِعُ الفَرَنْسيُّ جوزِف جاكارْد (1752 – 1834)، عام 1801. واعتمدَ نَوْلُ جاكارْد على مَنْظومةٍ من البِطاقاتِ المُثَقَّبةِ للتحَكُّم في نَسَقِ الخيوط التي ينسُجها النَّوْل.



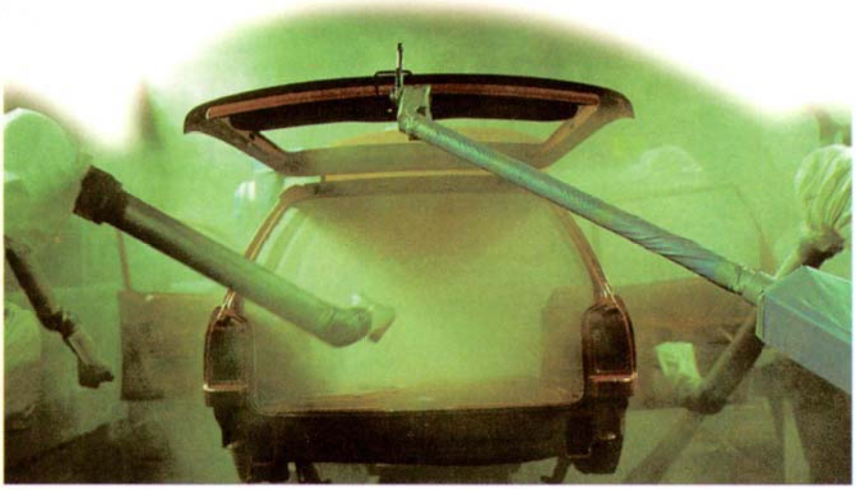
▲ بِحُلولِ عام 1913، انْخَفَضَ زَمَنُ تَجْميع سيَّارة فُورد طِراز تِ «T» من 12 ساعة إلى 90 دَقيقة. وقد تمَّ هذا التوفيرُ في الوقت بفَضْلِ استِخْدامِ خُطوطِ التَّجْميع.



◄ المَرْكَباتُ المُؤتمتَةُ التوجيه تعمَلُ في كثيرٍ من المَصانع. فهي تَنْقُلُ السِّلَعَ والموادَّ على مَسالكَ مَرْقومةٍ بعِناية. والكثيرُ من هذه المَرْكباتِ يُوَجَّهُ بإشاراتٍ من داراتٍ كهربائيَّةٍ عُرْويَّةٍ دفينةٍ تحتَ أرْضيَّاتِ المَصانع.



► هذه الرُّوبوتاتُ تُلحِمُ هيكلَ سيَّارةٍ على خطِّ إنتاجٍ لِسَيَّارات موندا في أوهايُو، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. فالرُّوبوتاتُ مِثاليَّةٌ لأداءِ المُهِمَّاتِ التكراريَّةِ البَسيطةِ بدِقَّة. وخطُّ التَّلحيم هذا يُمكنُ بَرْمجَتُه لِتَلحيم سيَّاراتٍ من موديلاتٍ مُختلِفة.



▲ حَركاتُ هذا الرُّوبوتُ في رَذِّ الدِّهان مُبَرْمَجَةٌ للتأكُّدِ من إسْويَّةِ التَّغطِيةِ بالدِّهان. إنَّ استِخْدامَ الرُّوبوتات لِرَشِّ الدِّهانات يُوَفِّرُ في كمِّيَّاتِها ويَقي العُمَّالَ من أدْخِنَتها المُؤذية.

وقد عَزَّزت مُتاحيَّةُ مَصادرِ القُدْرة الجديدة انتِشارَ المكْننَة، فاستُخْدِمَت السَّواني (ج. سانية) والمُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ لِتزْويدِ مَكِناتِ المَصانع بالقُدرةِ عَبْرَ سُيورِ نَقْل الحركةِ وأعمدةِ التَّدْوير. ثُمَّ لاحِقًا استُخْدِمَتِ المُحَرِّكاتُ الكَهْربائيَّةُ لِتَزْويدِ الآليَّاتِ بالقُدْرة.

وعلى مدَى القَرْنِ العِشْرين كانت صِناعةُ السيَّاراتِ المُتنامِيةُ من العوامل الرئيسيَّةِ لِدَفْعِ عمليَّةِ الأتْمتة. ففي العام 1913، كانت سيَّاراتُ فُورد، طِرازَ تِ «T» أُولى السيَّارات التي يَجْري تَصْنيعُها على خَطِّ تَجْميع. فتُسْحَبُ هياكِلُ السيَّارات على خطِّ التجميع ويُرَكِّبُ عليها العمَّالُ المُخْتَصُّون المُحَرِّكاتِ وأجزاءَ الهيكل الأُخرى في عمليَّاتٍ مُنفصِلَة قد تَزيدُ على الأَلْف على مراحِلَ في نِقاطٍ أو مَحطَّاتٍ مُتوالية.

إدخالُ خُطوطِ التَّجْميع خَفَّضَ تَكْلِفةَ السيَّارات وأسعارَها بزيادةِ فعاليَّةِ الإنتاج. وسُرعانَ ما تَبَنَّتْ صِناعاتٌ أُخرى الأُسلوبَ نفسَه.

الرُّوبوتاتُ والأَتْمتَة

بدأ أوَّلُ روبوتِ العمَلَ (كإنسانٍ آليّ) في مَصْنعِ سيَّاراتٍ عامَ 1961. ثُمَّ تَنامَى استِخْدامُ الرُّوبوتات باستِمْرارٍ مُنْذُئذٍ.

الرُّوبوتاتُ عاليةُ الكفاءة في تَنْفيذ الأَعمالِ التكْراريَّةِ بخاصَّةٍ التي تَتَّسِم بالرُّوتينيَّة والخُطورة، بمِقْدارٍ كبيرٍ من الدِّقَّة. ويُمكِنُ بَرْمجَتُها للقيام بمُهمَّاتٍ مُنوَّعةٍ، عادةً «بتعَلُّم» فِعلِ العاملين الآدَميِّين. كما يُمكِنُها أيضًا إرسالُ مَعْلوماتٍ حولَ سُرعةِ إنتاجِها ونوعيَّتِه إلى حاسُوبٍ مَرْكزيّ.

إنَّ استِخْدامَ التَّصاميمِ المُعانةِ حاسُوبيًّا يُوَفِّرُ ساعاتٍ عديدةً من إعدادِ رُسُوماتٍ تِقْنيَّةٍ مُفَصَّلة. ويُمكِنُ توفيرُ مَزيدٍ من الشُّغْل بِضَمِّ التَّصاميمِ المُعانةِ حاسُوبيًّا إلى أسلوبِ التَصنيعِ المُعانِ حاسُوبيًّا. وقد استُخْدمت تِقْنيَّةُ هذا الضَّمِّ في تَصْميمِ هذه الغَوَّاصةِ الفرَنْسيَّةِ وبِنائها.





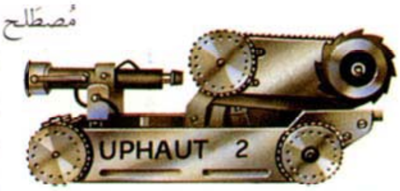
انْظُر أيضًا

مُعالجَةُ الأغذِيَة ص 232 – 233
الرُّوبوتيَّات ص 236 – 237
برامِجُ برامجيَّات الحاسُوب ص 378 – 379
التِّقانيَّاتُ الذكيَّة ص 382 – 383

الرُّوبوتيَّات

الرُّوبوتيَّاتُ أو عِلْمُ الرَّوبتة هو دراسةُ المَكِنات التي يُمكِنُها مُحاكاةُ أعمالٍ بَشَريَّة مُعَيَّنة. بعضُ هذه الرُّوبوتات تَسْتَجيبُ أُوتوماتيًّا للظُّروف حوالَيْها.





يبلُغُ طولُ روبوت أپيووُت 2 (UPUAUT 2) المُزَنَّجِر الذي صَمَّمه المُهَنْدِسُ الألمانيُّ رُودولْف چانتِنْبرِنْك 370 ملم، وهو مُزَوَّدٌ بكاميرا ڤيديُويَّة. هذا الروبوتُ استُخْدِمَ عامَ 1993، لِتَقَصِّي المَهاوي العميقة الضَّيِّقةِ داخلَ هَرَم خوفو «الهرم الأكبر» في الجيزة، بِمِصْر.

مُصطَلح رُوبوت أصلُه الكلمة التشيكيَّة روبوتا، وتَعْني «العمَلَ القَسْريَّ الشاقَّ». وهذا ما تَقومُ به بالفِعْلِ مُعْظمُ الرُّوبوتات – فهي تعمَلُ ساعاتٍ طِوالًا دونَ كَلَلٍ أو مَلَلٍ لإنجازِ مُهِمَّاتٍ روتينيَّة. يَستَخْدِمُ العلماءُ بعضَ الرُّوبوتاتِ الإختياريَّة لتقَصِّي مَدى دِقَّتِها في مُحاكاةِ الحركةِ البَشَريَّة.

يُمكِنُ بَرْمَجةُ الرُّوبوتاتِ للقيامِ بِمُهِمَّاتٍ قد يَجِدُها البَشَرُ مُمِلَّةً أو بَغيضَةً. وإذا أُحكِمَتْ وِقايةُ داراتِها الكهربائيَّةِ وآليَّاتِها فإنَّ الرُّوبوتاتِ تَسْتطيعُ العمَلَ تحْتَ ظُروفِ تشغيلٍ خَطِرة.

فتَسْتطيعُ الرُّوبوتاتُ تناوُلَ ومُعالجةَ الموادِّ المُشِعَّة، ورَشَّ الدِّهانات في مَقاصيرَ عابِقَةٍ بأَدْخِنتِها، والعملَ في أغوارٍ عَميقةٍ تحت الماء، وتقَصِّي البيئاتِ اللَّامُؤاتية للعَيش ككَوْكبِ المِرِّيخ. كما تُسْتَخْدَمُ الرُّوبوتاتُ أيضًا في الكَشْفِ عن القنابل والألغامِ الأرضيَّة ونَزْعِ صِماماتِ (كَبْسُولاتِ) تَفْجيرِها.

ويوجَدُ في طرَفِ الذِّراعِ الرُّوبوتيَّةِ عادةً نَبيطةٌ تُسَمَّى المُسْتَجيبَ الطَّرَفيَّ. هذه المُسْتَجيباتُ الطرفيَّةُ قد تكون أياديَ أو مقابضَ أو مُسَدَّساتِ رَشٍّ أو ليازرَ أو عُدَدَ قَطْعٍ أو لِحامٍ أو عُدَدًا مَكَنيَّةً. ويُصْدِرُ مُعالِجٌ صُغْريٌّ تَعْليماتِه للمُحَرِّكاتِ في الذِّراعِ الرُّوبوتيَّةِ لِتوضيعِ المُسْتَجيبِ الطرَفيِّ المناسب بدِقَّةٍ حيثُ يُحْتاجُ إليه.



وابوت – 2 من تَصْميم جَامعة وَاسِيدا في اليابان، يَسْتطيعُ قراءَةَ الرُّموز المُوسيقيَّةِ وعَزْفَ أرْغُنٍ كهربائيٍّ مُسْتَخْدِمًا يدَيْه ورِجْلَيه.

أنواعُ الرُّوبوتات

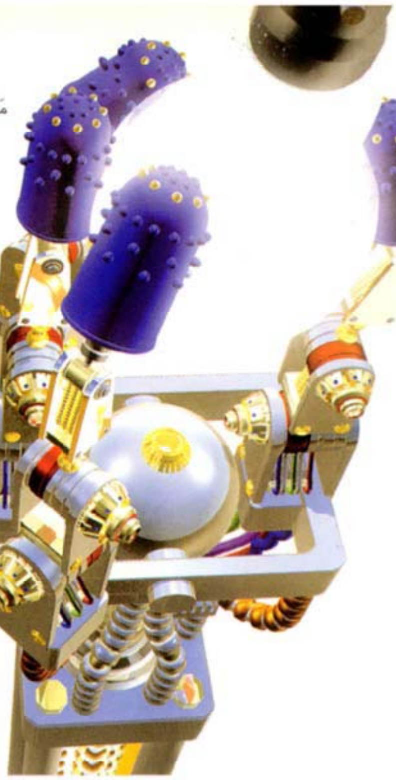
الكثيرُ من الرُّوبوتات الصِّناعيَّة هي هياكِلُ ثابتَةٌ ذاتُ أذرعٍ ميكانيكيَّةٍ مُتَمَفْصِلةٍ تمكِّنُها من الحَركة. بعضُ هذه الأذرعِ تِلِسْكوبيَّةُ التداخُلِ فتتَغَيَّرُ أطوالُها حسَبَ الحاجة. وهي تُحَرَّكُ بواسِطةِ مُحَرِّكاتٍ أو مَنْظوماتٍ هَيْدروليَّةٍ أو نَفْحيَّة.

إنَّ عددَ الاتِّجاهاتِ التي تَسْتطيعُ الذِّراعُ الرُّوبوتيَّةُ التَّحرُّكَ فيها تُسَمَّى دَرَجاتِ حُرِّيَّة حَركتها. فالمَفْصِلُ الذي يَسْتطيعُ الالتِواءَ، والتحَرُّكَ صُعُودًا ونُزُولًا، ومن جانِبٍ لآخَر يُوَفِّرُ ثلاثَ دَرَجاتٍ من حُرِّيَّةِ الحَرَكة.





▼ السِّلْكان الناتئانِ من مُقَدَّمةِ هذه «النَّمْلة» الرُّوبوتيَّة هما مِجَسَّاها. فعندما يُلامِسُ مِجَسَّاها سَطْحًا جامِدًا، يُرْسِلان إشاراتٍ إلى مُعالِجٍ صُغْريٍّ يَتَحَكَّمُ في حَرَكاتِ الرُّوبوت.



مَنْظومةُ القُوَّةِ بالتَّغْذيةِ المُرْتَدَّة تَستَخْدِمُ مِجَسَّاتٍ لِمُراقبةِ ضَغْطِ قَبْضةِ اليَدِ الرُّوبوتيَّةِ هذه. الإشاراتُ من المِجَسَّاتِ تُفَسَّرُ بواسِطةِ مُعالِجٍ صُغْريٍّ يَتَحَكَّمُ في حَرَكاتِ الأَصابعِ ويَمْنَعُ اليَدَ من سَحْقِ الأَجْسامِ الرَّهِفَةِ في قَبْضتِها.



في 5 تَمُّوز (يوليو) عام 1997 أصبَحَ الرُّوبوتُ الجوَّال سُوجورْنَر أوَّلَ آليَّةٍ روبوتيَّةٍ تستَطْلِعُ سَطْحَ المِرِّيخ. وقد تمَكَّنَ هذا الرُّوبوت بفَضْلِ مأطورتِه الشمسيَّةِ العاليةِ القُدرة، من تَحليلِ عَيِّناتٍ تُرابيَّةٍ وصَخْريَّةٍ ثُمَّ إرسالِ مَعْلوماتٍ وصُوَرٍ عنها إلى الأرض بواسِطةِ إشاراتٍ راديويَّةٍ عاليةِ التَّرَدُّد.

بَعْضُ الرُّوبوتات يتحَرَّكُ على مِنَصَّاتٍ مُجَنْزَرةٍ أو ذاتِ دَواليب؛ وبَعضُها الآخَرُ يتحَرَّكُ على أَرْجُل.

يُمكِنُ بَرْمَجةُ التعليماتِ في داخلِ مُعالِجٍ صُغْريٍّ في الرُّوبوت أو يُمكِنُ تلَقِّيها من مَوقعِ تَحَكُّمٍ بُعاديّ. القائمونَ بالتحَكُّمِ البُعاديِّ البَشَريِّ يتصَرَّفون غالبًا تبَعًا للمَنْظَرِ الذي يأتيهِم من كاميرا في الرُّوبوت.



▲ الرُّوبوتاتُ الدَّقيقةُ التي تُقاسُ أبعادُها بالنَّانومتر (جُزْءٍ من مليون من المليمتر)، قد تُستَخْدَمُ ذاتَ يوم لإجراءِ جِراحاتٍ دَقيقةٍ في العَيْن أو القِيام بِرَأْبِ أجزاءٍ أُخرى من الجِسْمِ البَشَريّ. هذا النانوروبوتُ الجرَّاح ستُوَجِّهُه وتُزَوِّدُه بالقُدْرة مَكِنَةٌ روبوتيَّةٌ نانويَّةٌ أكبَر.

الرُّوبوتاتُ الذكيَّة

الرُّوبوتاتُ البَسيطةُ تَقومُ بِمُهِمَّاتٍ مُيَسَّرَةٍ تبَعًا لِمَجْموعةٍ من التَّعْليمات. فمَثلًا قد لا «يَعْرِف» روبوتٌ مُتحَرِّكٌ ماذا يَفْعَلُ إذا ارتطَم بجِدار.

الرُّوبوتاتُ الأكثَرُ تَعْقيدًا مُجَهَّزةٌ بمِجَسَّاتٍ تُتيحُ لها «تحَسُّسَ» طريقِها حولَ المكان. الرُّوبوتاتُ الذكيَّة ذاتُ الحواسيبِ العاليةِ القُدْرة والبرامجيَّاتِ المُعَقَّدةِ التي تُحَدِّدُ التعليماتِ لِمُجابَهة العديدِ من الأَوضاعِ المُنَوَّعة المُتعَدِّدة، تَسْتَطيعُ بجَدارةٍ اختِيارَ التصرُّفاتِ التي تَتلاءَمُ مع ظُروفِ مُحيطها.

حَشَراتٌ رُوبوتيَّة

في المُستَقْبَل، يُمكِنُ حَشْوُ الرُّوبوتاتِ الحَشَريَّةِ الحربيَّةِ بمَوادَّ حارقةٍ أو مُتفَجِّرةٍ وإرسالُها عَبْرَ خُطوطِ العَدُو. الرُّوبوتاتُ النمليَّةُ الشَّكْل، كالمُبَيَّنةِ أدناه، يُمكِنُ أن تُزَوَّدَ بأربعٍ أو سِتٍّ أو ثماني أرجُلٍ للحفاظِ على استِقْرارِها وتمكينِها من تَخَطِّي العوائقِ التي قد تعتَرِضُ الطريقَ إلى أهدافِها.





▲ هذه الذِّراعُ الرُّوبوتيَّةُ تُستَخْدَمُ كأداةٍ في جِراحةِ الدِّماغ. فيُمكِنُها، بإشرافِ وتحَكُّمِ الطبيبِ الجرَّاح، دخولُ الدِّماغ، عَبْرَ ثَقْبٍ دَقيقٍ في جُمْجُمةِ المَريض، وتحديدُ المناطقِ المَريضةِ بدِقَّةٍ فائقةٍ؛ فيما دِماغُ المَريض ومَاجرياتُ العمليَّةِ باديةٌ على الشَّاشةِ أمام الطبيب.

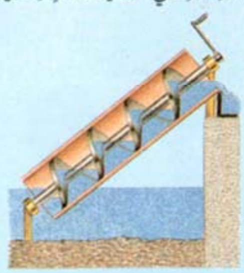
أُنْظُر أيضًا

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 – 143
الأَتْمَتة ص 234 – 235
المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة ص 374 – 375

جَدولُ الإنجازاتِ التِّقانيَّة عَبْرَ العُصور



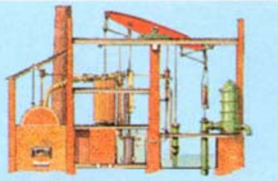
4000 – 3000 ق. م
ابتكار الطُّوب والقرميد في مِصْر وفي بلادِ آشور.
3000 ق. م
الأقوامُ في مِصْر وفي بلاد ما بين النَّهْرين (العراق حاليًّا) يخترعون المِحْراث لتقليب التُّربة وتَحْسين الفلاحَة.
800 ق. م
الأشوريُّون أوَّل من يجهِّزون الجَيْش بأَسْلحةٍ حديديَّة.
500 ق. م
اختراعُ المِعْدادِ في الصِّين كأداةٍ لِعَمليَّاتِ العَدّ.



200 ق. م
الرِّياضيُّ الإغريقيُّ أرخميدس يَخْترِعُ الطُّنبور اللولبيَّ الذي استُخْدِمَ بدايةً لِرَفْعِ الماءِ من الأنْهار.



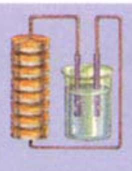
200 ق. م
الوَرَقُ قيدُ الاستِعْمال في الصِّين.
105 ق. م
تَصْنيعُ الورق من لُبِّ الخَشَب.
1550
دولابُ الغَزْل الأوّل – يُعْتَقَدُ أنّه اختُرِعَ في الصِّين.
1642
بليز پاسْكال يَخْترِعُ أوَّلَ مَكِنةٍ حاسِبة.
1650
أوتو ڤون غِريك يَخْترِعُ مِضَخَّةَ الهواء.
1669
هنْيج براند يكتشِفُ الفُسْفور.
1698
توماس سافيري يَخْترِعُ أوَّلَ مِضَخَّة بُخاريَّة ناجِحَة.



1712
توماس نيوكومن يَصْنَع أوَّلَ مُحَرِّك بُخاريٍّ عَمَليٍّ لضَخِّ الماءِ من المناجم.
1733
جون كاي يَخْترِعُ المكُوكَ الطائر لِتَسْريع عمليَّةِ الحِياكة.
1751
اكسل كرونسْتِت يكتشِفُ طريقةَ تحضير النيكل النَّقيّ.
عَقْدُ 1760
جيمس واط يُدخِلُ تَحْسيناتٍ جَمَّةً على المُحَرِّكاتِ البُخاريَّة.
1766
هِنْري كاڤِنْدِش يكتشِفُ الهِدْروجين.
1769
السير ريتشارْد آركرايْت يُطَوِّرُ مَكِنةَ غَزْلٍ مُتَعَدِّدة المغازل – تَغْزل عِدَّة خيوطٍ معًا في الوقت نفسه.
1774 – 1772
جوزف پريسْتْلي البريطانيّ وكارْل شيل السويديّ يكتشِفان الأُكسجين مُستَقِلَّين.



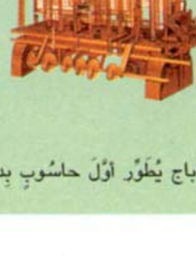
1779
ابرَهام دارْبي يُنْجِزُ أوَّلَ جِسْرٍ حَديديّ.
1785
إدموند كارتْرايت يَبْتكِر أوَّلَ نَوْلٍ يُدار آليًّا.
1790
إيلي ويتْني يَخْترِعُ مِحْلاجَ القُطْن.
1796
ألُويس سِنِفِلْدَر يَخْترِعُ الطِّباعةَ الحَجَريَّة – الطباعةَ بنَقْلِ الصُّوَر.
1797
هِنْري مودسْلي يَخْترِعُ المِخْرطةَ – العُدَّةَ المكنيَّةَ البالغةَ الدِّقَّة والبالغةَ الأهمِّيَّة.
1797
لويس ڤوكولين يكتشِفُ الكروم.
1800
الكونت ألِسَنْدرو ڤولْتا يُطَوِّر أوَّلَ بطّاريَّةٍ كهربائيَّة.



1804
فرانْسوا آبَرْت يُطَوِّر أوَّلَ طريقةٍ لِتَعْليبِ الأطْعمة.
1804
اختراعُ أوَّلِ مَكِنةٍ تعمَلُ بالبَرْمَجة – نَوْلِ جاكارْد.



1807
روبَرْت فُولْتون يَبْني «الكليمونْت» أوَّلَ سفينةِ رُكّابٍ تَسير بالقُدْرةِ البُخاريَّة.
1812
تَصْنيعُ عُلَبِ الصَّفيح الأولى لاستيعابِ المآكِل وحِفْظها.
1815
السِّير هَمْفري ديڤي يخترِعُ مِصْباحَ الأمانِ للمُعَدِّنين في المناجم.
1819
جون ل. ماك آدَم يُطَوِّر طريقةَ المكْدَمة (الرَّصف بالحَصْباء) لِتَعْبيدِ الطرُق.
1822
جِرمايا بيلي يخترِعُ أوَّلَ حَصَّادةٍ ميكانيكيَّة.
1827
جون وُوكر يخترِعُ الثِّقابَ الاحتِكاكيّ.
1827
هانْس كريستيان أورْستِد يكتشِفُ الألومنيُوم.
1834
سايْروس ماك كورْميك يُسَجِّلُ براءةَ اختراع أوَّلِ حصَّادةٍ بِنصْف أوتوماتيَّة.



1835
تشارلْز باباج يُطَوِّر أوَّلَ حاسُوبٍ بِدائيّ.

1836
إنياس دوبُس بونِل يخترِعُ الألياف الزُّجاجيَّة.
1839
تشارلْز غوديير يَخترع المَطّاطَ المُفَلْكَن.
1855
الكيميائيُّ بنجامين سِيليمان يفْصِلُ البِنْزين عن مُقَوِّمات النِّفْط الأخرى للمَرَّة الأولى.
1855
ألكسَنْدر پارْكس يَخترِعُ الزَّيْلُونَيْت – وهو نوعٌ من السِّلْيولُويد، يُستَخْدَمُ كبديلٍ للعاج.



1856
مُحَوِّلُ بِسِمَر يُمَكِّنُ من إنتاجِ فُولاذٍ جَيِّدِ النوعيَّة بكمِّيَّاتٍ وفيرة.
1858
فِرديناند كار يخترِعُ أوَّلَ ثَلّاجة.
1858
لويس لِمَوان يُصَمِّمُ أوَّلَ مِدْحلةٍ بُخاريَّة لِتُسْتَخْدَمَ في تعبيدِ الطُّرق.
1861
فرِدْريك والْطون يُطَوِّرُ مادَّةَ اللِّينولْيُوم لِتَغْطيةِ الأرْضيَّات.
1867
المُهَنْدس لِيُون إدوكس يَبْني مرفاعًا هَيْدروليَّ القُدْرة.
1868
ل. أو. كولْڤِن يُطَوِّرُ أوَّلَ مَكِنةٍ لحَلْبِ الأبْقار.



1876
نيقولاس أُوتو يُسَجِّلُ براءةَ اختراع المُحَرِّكِ الرُّباعيِّ الأشْواط.
1880
تُوماس أديسون يَسْتَخدِمُ الألْيافَ الكربونيَّة في صَمَجاتِ الإضاءة الكهربائيَّة.
1885
بناية التامين المَنْزليّ في شيكاغو – أوَّلُ ناطحةِ سَحابٍ في العالَم.
1892
فرانْسوا هنِّبيك يَبْتكِرُ الخَرَسانةَ المُسَلَّحة.
1892
وِيْتكومْب جَدْسُون يَبْتكِرُ الزِّمامَ المُنْزَلِق.

1896

رُودُولْف ديزل يخترعُ مُحرّكَ الدِّيزل.

1897

تشارلز پارسونز يَعرض التُّرْبينْيا – أوّلَ سفينةٍ تسير بالدَّفْع التُّربينيّ.

1897

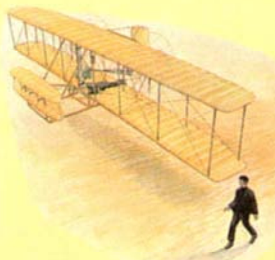
استِثْمار أوّل بئرٍ نفطيّة مُشاطئة على مَبْعدةٍ من ساحِل كاليفورنيا.

1901

سيسيل بُوث يَبْتكِرُ أوّلَ مِكْنسةٍ خَوائيّة كهربائيّة.

1902

أوّلُ جرّارٍ خفيفِ الوَزْن يُعْرَضُ للبَيْع.



1903

طائرةُ رَايْت 1، للأخَوَيْن رَايْت، المُزَوَّدةُ بِمُحَرّكٍ داخليّ الاحتراق، تُصْبِحُ أوّلَ مركَبةٍ أثقَلَ من الهواء تطيرُ بنَجاح.

1904

المُهَنْدسُ المَدَنيُّ، أوجين فريسّنيْت يبتكِرُ الخَرَسانةَ السابقةَ الإجهاد.

1904

شركةُ المَنْسوجات البريطانيّة، كُورتُولْدس، تُسَوِّقُ أوّلَ حريرٍ اصطِناعيٍّ باسمِ الرايُون.

1908

ليُوبيكْلَنْد يُطوِّر أوّلَ بُوليمَر اصطِناعيٍّ – هو البيكليت.

1908

الكيميائيُّ جاك براندنبِرْغر يُطوِّر السّلوفانَ اللّاصِق من لُبِّ الخَشَب. من جُملةِ استِخْدامات هذا السّلوفان استِخْدامُه كتَغْليفٍ مانعٍ للتّسَرُّب.



1908

هِنْري فُورد يَبْني ويُسَوِّقُ سيّارةَ فُورد من طراز «T» – التي كانت أوّلَ سيّارة مُزَوَّدةٍ بِمُحرّكٍ داخليّ الاحتِراق سِعرُها في مُتَناول الجمهور.

1909

إدوارْد بِنْديكْتُوس يُسَجِّلُ براءةَ اختراعِ الزُّجاجِ الرَّقائقيّ – زجاج الأمان المُتعدِّد الطبَقات.

1909

فرِتْز هابر يُحَضِّرُ الأمونْيا اصطِناعيًّا للمَرَّةِ الأولى. وهي استُخْدِمَتْ لاحِقًا في صُنْعِ الأسْمِدة.

1911

الأمريكيّ بِنْجامين هولْت يخترِعُ الحَصّادةَ الدرّاسة.

1912

السُّفنُ الأولى عابرةُ المُحيطات تُزَوَّدُ بِمُحَرّكاتِ الدِّيزل.

1913

إدخالُ خَطِّ التجميع الأوّل في مَصْنع هِنْري فُورد للسيّارات.

1913

وِلْيَم بِرْتون يُطَوِّرُ أُسْلوبًا مُحَسَّنًا لتكريرِ النِّفْط – بالتكسيرِ الحراريّ، فضاعف ذلك إنتاجَ البِنْزين من النِّفْطِ الخام.

1913

هاري بريرْلي يبتكِرُ أوّلَ أنواع الفولاذِ اللّاصَدُوء (الذي لا يَصْدأ).

1918 – 1914

استِخْدامُ السّيزْمُوجِرافية (المِرْسمَةِ المِرجافيّة) للمَرّة الأولى في التّنْقيب عن النِّفْط.



1917

ألبِرْت أيْنشْتَيْن يَقْتَرِحُ نَظَريّةً في تفسيرِ عملِ اللّيازر.

1917

المُخْترعان س. دانكن بلاك وَألُونْزو ج. دِكَر يُسَوِّقان المِثْقابَ اليَدَويَّ الكَهْربائيّ.

1920

اللِّحامُ القوسيُّ الكَهْربائيُّ يُسْتَخْدَمُ في الصِّناعةِ على نِطاقٍ واسِع.



1921

أوّلُ قِطارٍ يُسَيَّرُ بِمُحَرّكاتِ الدّيزل يَدْخُلُ الخِدْمةَ على خطوط شركة السِّكَكِ الحديديّة التونسيّة.

1924

كلارِنْس بيرِدْس آي يُطَوِّر أسلوبَ التَّجْميدِ العميق صِناعيًّا للثِّمارِ والخَضْراوات.

1924

وِلْيَم ميسُون يَبْتَكِر أوّلَ أنماط ألواحِ الميسونايت الصَّلدةِ الصامدةِ لتقَلُّباتِ الطَّقْس.

1933

عالِمان يَعْمَلان لحِساب شركة الصِّناعات الكيماويّة الإمبراطوريّة يَخْتَرِعان البوليثين.

1935

وَالاس كاروثَرْز يَبْتكِر النَّيلون أوّلَ الألْيافِ الصُّنْعيّة بالكامِل.



حوالى 1936

مُصَمِّمُ الطائرات السِّير فرانْك ويتِل يُطَوِّرُ أوّلَ مُحَرِّكٍ نفّاث.

1937

شركة نِسْتِله السّويسْريّة تُسَوِّقُ القَهْوةَ السريعةَ الذّوبان.

1939

ڤلاديمير زُووريكين وآخرون يَخْتَرِعون المِجْهَرَ الإلكترونيَّ الذي يُمكِن به تكبيرُ الأشياء الدقيقة ما بين 1500 وَ 500 000 مَرّة.

1939

الطائرةُ الألمانيّةُ هينْكِل أوّلُ طائرةٍ تَطيرُ بِمُحَرِّكٍ نفّاث.



1939

الكيميائيُّ پُول مُولَر يُسَجِّلُ براءةَ اختِراعِ المُبيدِ الحَشَريّ دِدِت.

1941

ماسي فِرغوسُون يبدأ إنتاجَ الحَصّادات الدرّاسة الحديثة بالجُمْلة.

1944

فريقٌ يترأّسه المُهَنْدسُ الرياضيُّ هاوَرْد إيكِن يَبْني أوّلَ حاسُوبٍ رَقْميٍّ أوتوماتيّ.

1945

الشركةُ الأمريكيّةُ ماكْسُون تُسَوِّق الوَجَباتِ الجاهِزةَ المُجَمَّدة الأولى.

1948

المُهَنْدسُ جورج دي مِسْترال يخترِعُ الڤِلْكرو – الزِّمامَ المُتَداخل اللَّزِبيّ.



1949

طائرةُ دي هَاڤيلَنْد كومِت أوّلُ طائرة رُكّاب تُزَوَّدُ بِمُحَرّكاتٍ نفّاثة.

1950

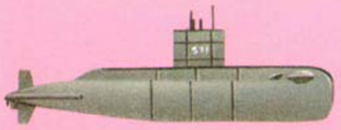
اختِراعُ مُحَرِّك وانْكِل البِنْزينيّ الدوّار.

1952

أوّلُ خطِّ طيران تجاريّ للرُّكّاب بطائراتٍ نفّاثة.

1953

رُوبن رُوزينغ يَبْتَكِرُ أوّلَ عُلَبٍ كَرْتونيّة مُعَدّة لاحتواءِ السّوائل.



1954

نوتيلَس، أوّلُ غوّاصةٍ نَوَويّةِ القُدْرة تَدْخُلُ الخِدْمةَ في أسْطولِ الولايات المتّحدة الأمريكيّة.

1958

اليِسْتير پِلْكينْغتون يَخْتَرِعُ طريقةَ الزُّجاجِ اللَّوحيّ المُعَوَّم.

1960

ثيُودور ميمان يخترِعُ اللّيْزَر.

1961

يُونيميت – أوّلُ روبوتٍ صِناعيّ – يُسْتَخْدَمُ بانتِظام في مَصْنَعٍ للسيّارات.

1964

تَسْويقُ أوّلِ الحواسيب العامِلة برقائقِ السّليكون.

1968

اختِراعُ مِنْفثٍ مائيٍّ عالي الضغط لِقَطْعِ الموادّ.

1970

أوّلُ استِعمالٍ صِناعيٍّ للموادّ الأليافيّة المُؤلَّفة.

1970

تَطْويرُ أوّلِ مُعالِجٍ صُغْريٍّ حاسوبيّ مُكتَمِلِ المَعالِمِ الحاسِبَة على رقيقةٍ واحدةٍ في الولايات المتّحدة الأمريكيّة.

1970

لَيازرُ ثاني أكسيد الكربون تُسْتَخْدَمُ في قَطْعِ الموادّ بدِقّةٍ مُتَناهِية.



حوالى 1980

رَواجُ الحواسيب الشخصيّة يُدْخِلُ الأتْمَتةَ الحاسُوبيّةَ إلى المكاتبِ والمنازِل.

1989

صُنْعُ أُولى الدّهائن من موادّ طبيعيّة.

1994

افتِتاحُ النَّفَق الواصِل بين إنكلترا وفرَنْسا تحتَ القَناة الإنكليزيّة.

1996

سوجورْنَر مارس، أوّلُ روبوت مُتَنقِّل، المُرسَلُ إلى المرّيخ، كجُزءٍ من مُهِمّةِ پاثفَيْنْدَر التابِع لوكالةِ الفَضاء والطيران الأمريكيّة يَحُطُّ عليه عامَ 1997.

1998

اكتِمالُ مَطار هُونغ كُونغ – أضخم مَشْروعٍ إنشائيّ يَتِمُّ باستِصْلاحِ الأراضي.

حَقائِقُ وأرقام

المَعادِنُ الرَّئيسيَّة

المَعْدِنُ – مادَّةٌ لاعُضْويَّةٌ تَتواجَدُ في الطبيعة. كثيرٌ من المَعادِن هي أملاحٌ فلِزِّيَّة.

الهَيْصَم (المَرمر الأبيض) كِبْريتاتُ الكالسيُوم المُمَيَّاة؛ شَكْلٌ من الجِبْس الشَّفِّ الدَّقيقِ الحُبَيْبات يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ قِطَعِ الزِّينة.

الأباتَيْت فلوريد الكالسيُوم الفُسْفاتيّ كان سالِفًا من مُقَوِّمات الأسْمدة الفُسْفاتيَّة ومَصْدرًا للفُسْفور وقد حَلَّ مَحَلَّه الآنَ الفُسْفاتُ الصَّخْريّ.

الأَسبَسْتوس؛ حجرُ الفتيلة سِليكاتات المَغْنسيُوم المُتَنوِّعة؛ لِيفٌ طبيعيٌّ وعازِلٌ حراريٌّ جَيِّد. التعَرُّضُ لِغُبار الأسبَسْتُوس قد يُسبِّبُ أمراضًا رِئويَّة، لذا مُنِعَ استِعمالُه.

اللّازَوَرْد كَرْبوناتُ النُّحاس القاعديَّة المُمَيَّاة؛ يُسْتَخْدَمُ خِضْبًا لِلَوْنِه الأزرق.

البنتُونَيْت ضَربٌ من الطُّفالِ يَتَنَفَّخُ في الماء؛ يُسْتَخْدَمُ حَشْوَةً في صُنْعِ الوَرَق.

الكَلْسَيْت كَرْبونات الكالسيوم – ثاني اكثرِ المعادن تَواجُدًا بَعْدَ الكوارتز.

الطُّفال (الصَّلْصال) سليكاتات الألومنيُوم الدقيقة الحُبَيْبات؛ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الآجُرّ والفخّاريّات والخَزَفيّات الفاخِرة.

الدولومَيْت مَزيجٌ من كَرْبونات الكالسيُوم والمَغْنسيُوم.

الفلُورَيْت الشَّكْلُ المَعْدنيُّ من فلُوريد الكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الزُّجاج والخَزَفيّات. وهو مَصْدرٌ للفلُور.

الغرافيت شَكْلٌ لَيِّنٌ من الكربون؛ يُسْتَخْدَمُ مُهَدِّئًا في المُفاعلات النَّوَويَّة، وفي عبَوات أقلام الرَّصاص.

الجِبْس شَكْلٌ لَيِّنٌ من كبريتات الكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْع الإسْمنت والجِصّ.

الكاوْلِين نوعٌ من الطَّفْل، يُسَمَّى أيضًا طَفْل الخَزَف الصِّينيّ؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الخَزَفيّات وفي صناعاتِ الوَرَق والمطّاط والدِّهانات.

الحَجَرُ الكِلْسيّ صَخْرٌ يتألَّفُ أساسًا من كربونات الكالسيُوم؛ يُسْتَخْدَمُ كحَجَر بِناءٍ وفي تَنْقِيَة الحديد من صهرِ خاماته.

الرُّخام شَكْلٌ من كربونات الكالسيُوم عالي التبَلُّر؛ يُستَخْدَمُ في العِمارة والمَنْحوتات.

المَيكا سِليكاتات الألومنيُوم المُتَنوِّعة؛ تُسْتَخْدَمُ في لمواسِعات (المكَثِّفات السَّعويَّة) الكهربائيَّة وكعازِلٍ للكهرباء. المَيكاتُ تَتفَلَّقُ صفائحَ رقيقةً تجعَلُها مُفيدةً كخُضُبٍ لؤلؤيَّةِ التأثير في الدِّهانات.

المَرْمَر المَشْرقيّ ضَرْبٌ من الكَلْسَيْت؛ أَصْلدُ من المَرْمَر الأبيض.

فُسْفات الصُّخور فُسْفات الكالسيُوم؛ أحدُ مُكوِّنات الأسْمدة، والمَصْدرُ الرئيسيُّ للفُسْفور.

الكوارتْز (المَرو) ثاني اكسيد السِّليكون. اكثَرُ المَعادن شيوعًا، يَتواجَدُ في شَكْلَيْن، كامِدٍ وشَفّافٍ، مُلَوَّنين أحيانًا بالشَّوائب؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الزُّجاج وبعضِ الخَزَفيّات.

نِتْراتُ البوتاسيوم يُسْتَخْدَمُ في صُنْع مَسْحوق البارود والأسْمدة.

السِّليكا شَكْلٌ مَعْدنيٌّ صَلْدٌ من ثاني اكسيد السِّليكون ذو دَرَجةِ انصِهارٍ عالية.

الأَرْدُواز مَعادن مُخْتلطَةٌ تَتفَلَّقُ طبيعيًّا إلى صفائحَ رقيقةٍ؛ تُسْتَخْدَمُ للتَّسْقيف.

الطَّلْق مادَّةٌ بيضاءُ أو مُخْضَرَّةٌ لَيِّنةٌ؛ تُسْتَخْدَمُ في الدِّهانات والخَزَفيّات ومُنْتَجات صِناعاتِ مُسْتَحْضرات التجميل والعِناية الصِّحِّيَّة.

مِقْياسُ مُوهْز للصَّلادة

إنتبطَ المَعادنيُّ الألمانيُّ فريدْريخ مُوهْز مقياسًا للصَّلادة عِمادُه عَشرةُ معادن، مُرَقَّمةٌ من 1 إلى 10، تَتَزايدُ تصاعُديًّا من الألْيَن إلى الأصلَد. ظُفْرُ الإصبَع النمُوذَجيّ صلادتُه بين 2 وَ3 على سُلَّم مُوهْز، إذ إنَّه يَخْدِشُ الجِبْسَ ويُخْدَشُ بالكَلْسَيْت. والموادُّ التي لا تَزيدُ صلادَتُها على 4 في سُلَّم مُوهْز يُمكِنُ خَدْشُها بقِطْعةِ نَقْدٍ مَعْدِنيَّة.

الطَّلْق 1	الأورثوكلاز 6
الجِبْس 2	الكوارتْز 7
الكَلْسَيْت 3	التُّوباز 8
الفلُورَيْت 4	الكُورَنْدُم 9
الأباتَيْت 5	الماس 10

الماسُ أصلَدُ المعادن – إذْ يخدِشُها كُلَّها. كربيدُ السِّليكون (الكربُورَنْدُم) مادَّةٌ مُصَنَّعةٌ، صلادَتُها 9,5 على مِقياس مُوهْز، تُسْتَخْدَمُ كمادَّةِ سَحْج.

الخاماتُ الرَّئيسيَّة

الخامُ مَصْدَرٌ مَعْدِنيٌّ لِلفِلِزّ.

البوكْسَيْت شَكْلٌ غير نَقِيّ من أكسيد الالومنيُوم، يُستَخْلَصُ منه الألومنيُوم بالكَهْرلة (التحليلِ الكهربائيّ).

الكاسيتِرات من اكاسيد القَصْدير للانقِيَّة؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للقَصْدير.

الكَلْكوبَيْرَيْت مَزيجٌ ذَهبيُّ اللَّون من كِبْريتيدَي النُّحاس والحديد، يُعْرَفُ أيضًا بِبَيْرَيْت النُّحاس. وهو الخامُ الرئيسيُّ للنُّحاس.

الكرومَيْت مَزيجٌ من أُكسيدَي الكروم والحديد، وهو المَصْدرُ الرئيسيُّ لِلكروم.

الغالِينا كِبْريتيد الرَّصاص؛ وهو المَصْدَرُ الرئيسيُّ للرَّصاص.

الهيماتَيْت الشَّكْلُ المَعْدنيُّ لأُكسيد الحديد؛ وهو أحدُ الخامات الرئيسيَّة للحديد.

مِلْحُ الطعام الصَّخْريّ كلوريدُ الصوديُوم. وهو مَصْدرٌ للكلُور والصوديُوم وهِدْروكسيد الصوديوم.

الإلْمِنَيْت مَزيجٌ من أُكسيدَي الحديد والتِّيْتانيُوم؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للتِّيتانيُوم.

المَلكَيْت كَرْبوناتُ النُّحاس القاعديَّة. مَعْدنٌ اخضَرُ زاهٍ يُسْتَخْدَمُ كخامٍ للنُّحاس، وحَجَرٍ شبْهِ كريم لِصُنْعِ الحُلِي.

البَنْتلَنْدَيْت كِبْريتيد الحديد والنيكل؛ وهو الخامُ الرئيسيُّ للنيكل.

البِتْشبلِنْد اكسيد اليورانيوم. وهو المَصْدَرُ الرئيسيُّ لليورانيُوم.

الرُّوتايْل أكسيد التِّيْتانيُوم؛ وهو مَصْدرٌ ثانويٌّ لِفلِزّ التِّيْتانيوم.

السفَالِرَيْت كِبْريتيد الزِّنْك. وهو الخامُ الرئيسيُّ للزِّنْك، ويُعْرَفُ أيضًا بالزِّنْكبْلِنْد.

الزِّنْكَيْت أكسيد الزِّنْك؛ وهو مَصْدرٌ ثانويٌّ للزِّنْك، ويُسَمَّى أحيانًا سبارْتالَيْت.

الفلِزّاتُ الثمانية الأكثر إنتاجًا

الحديد	973×10^6 طُنّ
المَنْغنيز	236×10^5 طُنّ
الألومنيُوم	177×10^5 طُنّ
الكروم	125×10^5 طُنّ
النُّحاس	9×10^6 طُنّ
الرَّصاص	33×10^5 طُنّ
النيكل	895×10^3 طُنّ
القَصْدير	219×10^3 طُنّ

سِلْسِلةُ التفاعُليَّةِ للفِلِزّات

سِلْسِلةُ التفاعُليَّة تُدْرِجُ الفلِزّاتِ في ترتيبٍ تنازُليٍّ لِيُسْرِ (وبالتالي شِدَّة) تفاعليَّتها، بحيثُ إنَّ البوتاسيُوم أشَدُّ فاعليَّةً من البلاتين. الفلِزّاتُ الأشَدُّ تفاعليَّةً هي الأصعَبُ للإستِخْلاص من مُرَكَّباتِها.

البوتاسيُوم	القَصْدير
الصوديُوم	الرَّصاص
الكالسيُوم	النُّحاس
المَغْنِسيُوم	الفِضَّة
الألومنيُوم	الذَّهَب
الزِّنْك (الخارصين)	البلاتين
الحديد	

عَشرُ سَبائك (أُشابات) شائعة

برونزُ العُملات – 95% نُحاس، 4% قَصْدير، 1% زِنْك؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ قِطَعِ النَّقْد المَعْدنيَّة وقِطَع تَشْغيل مَكِناتِ البَيْع.

فِضَّة العُملات – 90% فِضَّة، 10% نُحاس؛ تُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ قِطَع النَّقْد المَعْدنيَّة.

ذَهَبُ الأسْنان – 58% ذَهَب، 14 إلى 28% فِضَّة، 14 إلى 28% نُحاس؛ يُسْتَخْدَمُ لِتَصْليح الأسنان.

ديوراليومين – 95% ألومنيوم، 4% نُحاس، 0,5% مَنْغنيز، 0,05% مَغْنِسيوم؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ مُقَوِّماتٍ بِنْيويَّة للطائرات.

مانغانين – 82,5% نُحاس، 16% مَنْغنيز، 1,5% نيكل؛ يُسْتَخْدَمُ في داراتِ العَدّادات الكهربائيَّة.

نِيكروم – 80% نيكل، 20% كروم؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ المُقاومات الكهربائيَّة وعناصِرِ التَّسْخين.

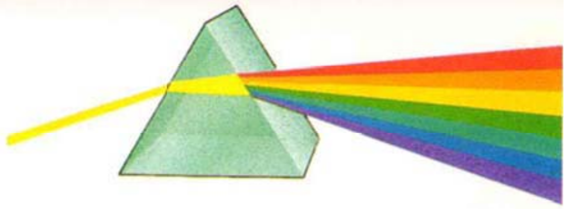
بِيوتَر – 65 إلى 80% قَصْدير، 20 إلى 35% رَصاص؛ يُسْتَخْدَمُ لِصُنْعِ الأواني وأوعيَةِ الشُّرْب المُزَخْرفة والحُلِي.

سَبيكةُ اللِّحام – 20 إلى 70% رَصاص، 30 إلى 80% قَصْدير؛ تُسْتَخْدَمُ لِتَلْحيم ووَصْلِ الأشياءِ الفلِزِّيَّة، بخاصَّةٍ الأسْلاك ومُقَوِّمات الدّارات الكهربائيَّة.

الفُولاذُ اللّاصَدِئ – 60 إلى 80% حديد، 10 إلى 20% كروم، 8 إلى 20% نيكل؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الأواني والأدوات المَطْبخيَّة، وأحواض الغَسيل، وقِطَع تركيبِ المَكِنات.

فُولاذُ العُدَد – 90 إلى 95% حديد، 6 إلى 7% موليبْدِنوم، 2 إلى 4% كروم؛ يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ عُدَدِ الشُّغْل كالأزاميل والمَناشير.

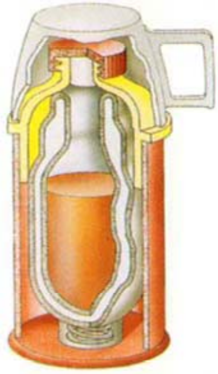




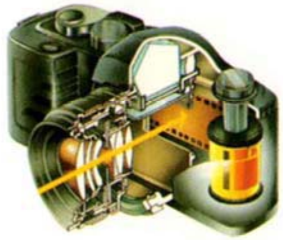
الفَصْلُ السَّادِس

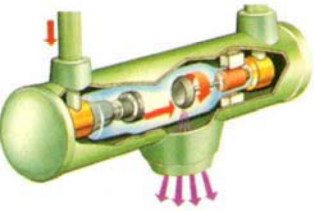
الضَّوْءُ والطَّاقة



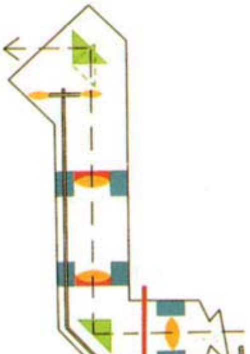


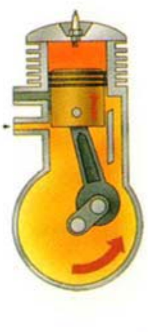
الشَّمْسُ مَصْدرُ الطاقةِ الرئيسيُّ للأرض. فالإشعاعاتُ الكَهْرُمِغْنيطيَّةُ تَنْقُلُ ضوءَها وحرارتَها إلى الأرض عَبْرَ 150 مليون كيلومتر من الفَضاء. الضَّوءُ يُساعِدُ النَّباتاتِ في النمُوِّ على اليابسَةِ وفي البِحار، فتوفِّر بذلك الغذاءَ لها وللحياةِ الحيوانيَّة على الأرض. الطاقةُ الحراريَّةُ من الشَّمْس تحفَظُ الأرضَ على درجةِ حرارةٍ مُلائمةٍ لتواجُدِ الحياة. وهي تُبَخِّرُ الماءَ لِتكوِّنَ السُّحُبَ، وتُسبِّبُ هبوبَ الرِّياح وتلاطُمَ الأمواج في عُرْضِ المُحيطات.
الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ تَحْوي طاقَةً مُخْتَزَنَةً من ضوءِ الشَّمْس الذي سقَطَ على الأرض مُنْذُ ملايينِ السِّنين. وهذه الوُقُدُ تُوفِّرُ مُعظمَ الطاقة للمُجْتَمعاتِ البَشَريَّة الصِّناعيَّة وغير الصِّناعيَّة. والواقِعُ أنَّه بدونِ ضوءِ الشَّمْس وحرارتِها لا يُمكِنُ تَواجُدُ حياةٍ على الأرض.





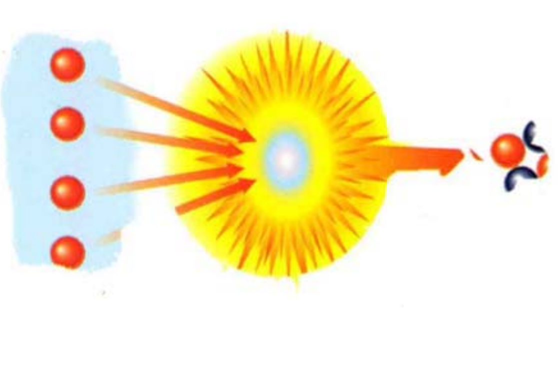
كثيرٌ من المَكِناتِ تعتَمِدُ على سَريان الطاقةِ الحراريَّة لِتَشْغيلِها. لقد صاغَ العلماءُ والمُهَنْدسون قوانينَ الدِّيناميَّات الحراريَّة التي تصِفُ سَرَيان الحرارة في المَنْظوماتِ الكيماويَّة والميكانيكيَّة. وهذه القوانينُ مَكَّنَتْهُم من تَصْميمِ أَنظمةٍ للتدفئة وللتَّبْريدِ بالإضافةِ إلى قاطِراتٍ ومُحَرِّكات. كذلك طَوَّرَ العلماءُ النظريَّةَ الحَرَاكيَّةَ لِتَعليلِ تأثيرِ الحرارة في سُلوكِ الجُسَيْماتِ التي تُؤلِّفُ الموادّ.





الضَّوءُ شَكْلٌ من أَشكالِ الطاقة؛ والمَصابيحُ الكَهْربائيَّةُ واللَّيازِرُ مَصْدران من الضَّوءِ الإصطِناعيّ. العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسةُ المُهَنْدسةُ بدِقَّةٍ في المجاهِرِ (الميكروسكوبات) والمَقاريب (التلِسْكوبات) تكسِرُ أشِعَّةَ الضَّوءِ لِتُكَوِّنَ صُوَرًا مُكَبَّرة. والأَدَواتُ التي تُبَئِّرُ الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّةَ وتَسْتَبينُها خارجَ الطَّيفِ المَرْئيِّ تُعْطي مَعْلوماتٍ عن دَرجةِ حرارةِ الأَجْسامِ النائيَةِ في الفَضاء وتَرْكيبِها وسُرعةِ تحَرُّكِها.

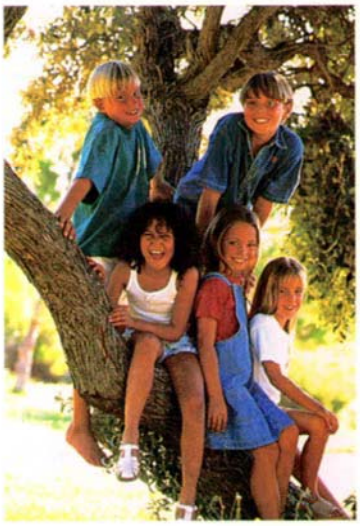






الحرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس

الشَّمْسُ هي النَّجْمُ المَرْكزيُّ في مَنْظومَتِنا الشَّمسيَّة التي تشمَلُ الأرض. وتبْعدُ الشَّمسُ عن الأرض حوالى 150 مليون كيلومتر – وهي مَصْدرُها الرئيسيُّ من الطاقةِ الحراريَّة والضَّوئيَّة.



أشِعَّةُ الشَّمس المُرَشَّحةُ بِجَوِّ الأرض، تُبْقي درجةَ الحرارة في يوم مُشْمِس على حوالَى 25°س. ولو كانت درجةُ الحرارة أخْفضَ بِـ 15°س، لكان هؤلاء الأطفالُ في الصُّورة يَرْتجفون من البَرْد؛ ولو تكونُ أسخَنَ بِـ 15°س، لكانوا يتضايقون من شِدَّةِ الحَرِّ.

خِلالَ النَّهار، يُوَفِّر لنا ضوءُ الشَّمْسِ الحرارةَ والضَّوءَ؛ وهما نوعان من الطاقة. الحياةُ مُزْدَهرةٌ على الأرض لأنَّ الشَّمْسَ تُوَفِّر لها البيئةَ المُناسبةَ والكمِّيَّةَ الصَّحيحةَ من الطاقة. الكواكبُ الأقْربُ إلى الشَّمْس، كالزُّهَرة، تتلَقَّى طاقةً أكثَرَ وأشَدَّ من أن تُلائم الحياة – فيما الكواكِبُ الأَبْعَدُ عن الشَّمْس، كالمِرِّيخ، قارِسَةُ البرودة.

لأداءِ شُغْلٍ أو إحداثِ شيءٍ لا بُدَّ من طاقةٍ. فالواقِعُ أنَّ كُلَّ شيءٍ يَحْدُثُ على الأرض يعتَمِدُ على طاقةٍ مَصْدَرُها الأَصْليُّ من الشَّمْس. النباتاتُ تعتَمِدُ في نمُوِّها على طاقةِ ضوءِ الشَّمْس، ويَذهبُ جُزْءٌ من هذه الطاقة إلى الحيوانات العاشبة التي تَقْتاتُ بها. اللَّواحِمُ تكسِبُ طاقتَها من لُحوم الحيواناتِ الأُخرى العاشبة أو غير العاشبة. كذلك فإنَّ الفَحْمَ والنِّفْط والغازَ الطبيعيَّ كُلَّها تكوَّنت من بقايا النباتات والحيوانات السَّالفة التي كان عمادُ حياتِها أيضًا الطاقةَ من ضَوءِ الشَّمْس.

أيضًا، الطاقةُ الحراريَّةُ من ضوءِ الشَّمْس تُبَخِّرُ الماءَ من مُحيطاتِ الأرض، وتُسَخِّن الهواءَ، وتُسَبِّبُ هبوبَ الرِّياح. وهذه الرِّياحُ تنقُلُ الحرارةَ وبُخارَ الماء حولَ العالَم وتتحَكَّمُ بأنماطِ طَقْسِه وأحْوالِه الجَوِّيَّة.



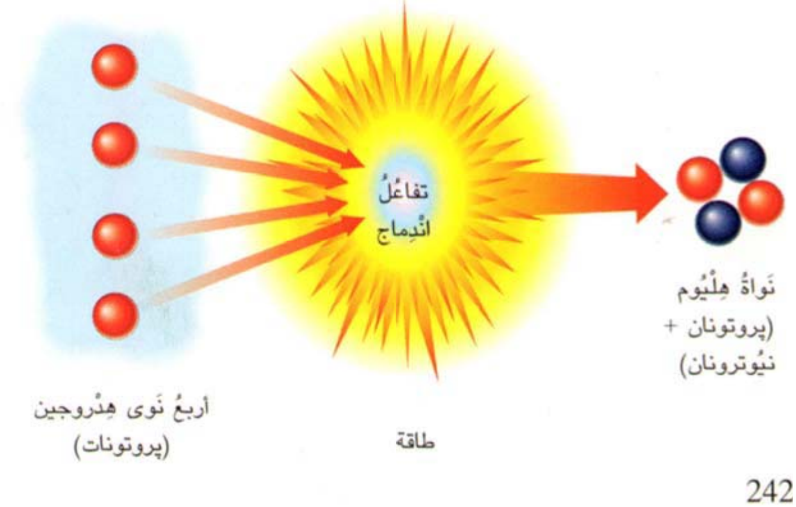
أوراقُ النباتات تَمْتَصُّ الطاقةَ من ضوءِ الشَّمْس. والنباتاتُ تَسْتَخْدمُ هذه الطاقةَ لتَخْليقِ كيماويَّاتٍ مُعَقَّدةٍ من كيماويَّاتٍ بَسيطة. النباتاتُ هي مَصْدرُ الغذاءِ لِمُعظمِ أشكالِ الحياةِ على الأرض.

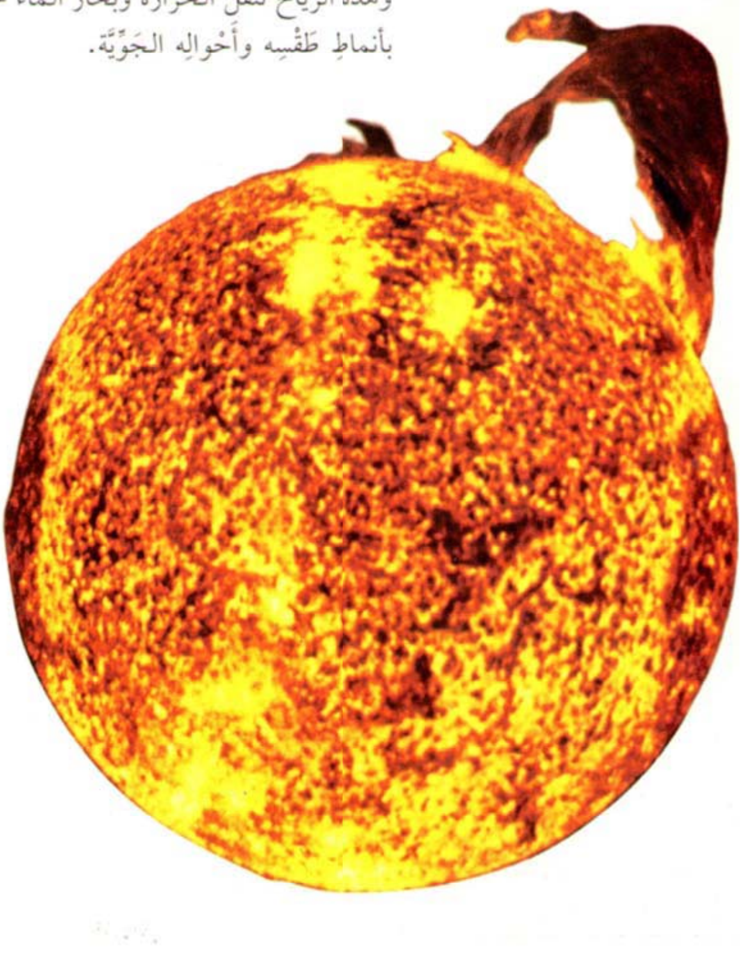
الاِنْدِماجُ النَّوَويّ

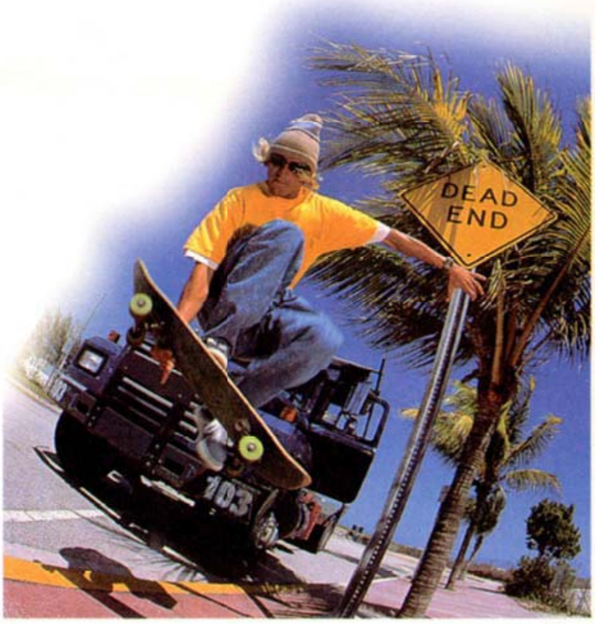
الشَّمْسُ مُكوَّنةٌ من حوالَى 70 بالمئة هِدْروجين وَ30 بالمئة هِلْيُوم. ومَصْدرُ طاقَتِها هو تفاعُلاتُ الاِنْدِماجِ النَّوَويِّ في قَلْبِها ودواخلِها – حيثُ تتدامَجُ ذرَّاتُ الهِدْروجين معًا لِتُكوِّنَ ذرَّاتِ الهِلْيُوم. إنَّ كُتْلةَ ذرَّةِ الهِلْيوم أقَلُّ من كُتلةِ ذرَّات الهِدْروجين التي تُكوِّنُها. وهذا الفَقْدُ في الكُتْلةِ يتحَوَّلُ إلى طاقة – بحيثُ إنَّ فَقْدَ كيلوغرامٍ واحدٍ من المادَّة يُعْطي حوالَى 000 100 مليون ميغاجُول من الطاقة – أي ما يُعادِلُ إجماليَّ إنتاجِ مَحطَّةٍ كُبرى لتوليدِ القُدْرةِ على مدَى 25 سنة.

الطاقةُ من الشَّمْس

قُطْرُ الشَّمْس اكبَرُ 100 مرَّةٍ من قُطْر الأرض، وحَجْمُها أعظَمُ من حَجْم الأرض بمِليون مَرَّة. وقُوَّةُ جاذِبيَّتِها الهائلةُ تُوَلِّدُ ضَغْطًا هائلًا في قَلْبِها المَرْكزيِّ يَرْفَعُ درجةَ الحرارة فيه إلى حوالَى 15 مليون °س. وعلى درجةِ الحرارة هذه، يتواجَدُ الهِدْروجينُ كسَيْحٍ من الإلكترونات والپروتونات، يُسَمَّى البِلازْما، أعلى كثافةً من الرَّصاص. فتَتَّحِدُ أربعُ نوًى من الهِدْروجين بالتدامُجِ معًا مُكوِّنةً نَواةَ هِلْيُوم واحدة ومُطْلِقةً كمِّيَّةً ضخمةً من الطاقة.







طاقةُ العَيْش مَصْدرُها الغِذاء؛ والغِذاءُ مَصْدرُه النباتات التي تَسْتَخْدِمُ طاقةً من الشَّمْس، أو الحيواناتِ التي تَقْتاتُ بالنباتات، وهكذا فإنَّ الحياةَ البَشَرِيَّةَ تعتَمِدُ أساسًا على القُدْرةِ من أشِعَّةِ الشَّمْس.

ضَوءُ الشَّمْس والغِذاء

تَسْتَخْدِمُ النباتاتُ طاقةً من ضَوءِ الشَّمْس لِتُخَلِّقَ كيماويَّاتٍ مُعَقَّدةً من الماءِ وثاني أُكسيد الكربون. هذه الكيماويَّاتُ المُعَقَّدةُ تَحْوي طاقةً مُحْتَبَسةً في الرَّوابط التي تَشُدُّ ذرَّاتِها معًا. الحيواناتُ التي تَقْتاتُ بالنباتاتِ تُسَمَّى العاشِبات. والحيوانات آكِلَةُ اللُّحوم، المُسَمَّاةُ اللَّواحِم، تَقْتاتُ غالبًا بالعاشِبات. وهكذا فإنَّ الطاقةَ من ضَوءِ الشَّمْس تُحْتَبَسُ في النباتات، ثُمَّ يُحَوَّلُ بعضُها إلى الحيوانات المُخْتَلِفة. الحيواناتُ تَهْضِمُ أُكُلَها وتُحَرِّرُ الطاقةَ بتفكيكِ الكيماويَّاتِ فيها. وتَسْتَخْدِمُ هذه الطاقةَ لِمُختلِف أنشِطَتِها كالتَّنَقُّلِ والقِيامِ بكافَّةِ العمليَّاتِ الداخليَّة الضَّروريَّة لِصِيانةِ حياتِها.

العَيْشُ المُريح

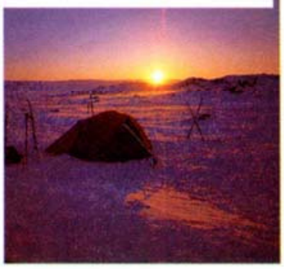
جَوُّ الأرض يعمَلُ كمُرشِّحٍ للطاقةِ من أشِعَّةِ الشَّمْس. درجاتُ الحرارة على مَقْرُبَةٍ من خطِّ الإستِواء قد تَبْلُغ درجة 45°س، لأنَّ هذه المِنْطقةَ هي الأقْرَبُ إلى الشَّمْس؛ ولأنَّ الحرارةَ والضوءَ يَعْبُرانِ الجَوَّ إليها عموديًّا في خطٍّ مُسْتَقيم. أمَّا حولَ القُطْبَيْن الشَّماليّ والجَنوبيّ، فقد تَهْبُط درجاتُ الحرارة إلى حوالَي درجة − 40°س. وعلى مَدى مُعظم أيَّامِ السَّنَة، تكونُ الشَّمْسُ خَفيضةً على خَطِّ الأُفُق. فتَنْتَشِرُ أشِعَّةُ الشَّمْس على مَدى أوْسَع، ويُمْتَصُّ الكثيرُ من الحرارةِ والضوء في مَسارِهما عَبْرَ الجَوِّ بزاويةٍ ضَئيلة. ويَنْعَمُ البَشَرُ براحةٍ أكثر على درجة 25°س، وهي مُعَدَّلُ درجةِ الحرارة في مُنْتَصفِ المَسافة بين القُطْبَيْن وخَطِّ الإستِواء.

الطاقةُ في المُسْتَقْبَل

مُعظمُ الطاقةِ المُسْتَخْدمةِ للتَّدْفئة وتَزْويدِ وسائلِ النَّقْل بالقُدْرةِ مَصْدرُها الوُقُودُ الأُحفوريَّةُ التي تكوَّنَتْ منذُ مَلايينِ السِّنين. ومَعلومٌ أنّ احتياطيَّ هذه الوُقُود آخِذٌ بالنَّفاد − ولعَلَّ بعضَها سَيُسْتَنْزَفُ في قُرابةِ 50 إلى 100 سَنة. العلماءُ يَعملون حاليًّا على إنتاجِ القُدْرةِ بالإنْدِماجِ النَّوَويّ − وهو الأُسلوبُ الذي تُوَلَّدُ به الطاقةُ في الشَّمْس. وهُم يأمُلون بإقامةِ مُفاعِلِ انْدِماجٍ نَوويٍّ يَسْتَخْدِمُ نَظيرَي الهِدْروجين − الدُّوتِريُوم والتريشْيُوم. مُفاعِلاتُ الاندماج الاختباريَّةُ، التُّوكامَاك، تَسْتَخْدِمُ مِغْنَطيساتٍ كَهْرَبيَّةً قويَّةً لِضَغْطِ البِلازما من الدُّوتريُوم والتريشْيُوم. ويَتوقَّعُ العلماءُ أنّه بِبُلوغِ درجةِ الحرارة 100 مليون°س، يَنْدمِجُ النَّظيران معًا لِيُوَلِّدا الهِلْيُوم وكمِّيَّاتٍ هائلةً من الطاقة.



مُعظَمُ الصحاري تَقَعُ على مَقْرُبَةٍ من خَطِّ الإستِواء − حيثُ الشَّمْسُ عاليةٌ في كَبِدِ السَّماء على مَدى مُعْظمِ أوقاتِ النَّهار. حرارةُ الشَّمْس تُبَخِّرُ الماءَ وتُفَتِّتُ الصُّخورَ إلى حُبَيْباتٍ جَفيفَةٍ من الرَّمْلِ لا حياةَ فيها.



الشَّمْسُ في المِنْطقةِ القُطْبيَّةِ الشَّماليَّة تَبْقى قَريبةً من خَطِّ الأُفُق على مَدى مُعْظم أيَّام السَّنة. وتَظَلُّ المياهُ السَّطْحيَّةُ مُجَمَّدةً فلا يُمكِنُ للنباتاتِ العيشُ فيها. مُعْظَمُ الحيواناتِ القُطْبيَّةِ هي من اللَّواحِم التي تعتَمِدُ في عَيْشِها على الكائناتِ البَحْريَّة.

◄ مُفاعِلاتُ الإنْدِماجِ الرُّوسيَّة، تُوكامَاك، كالمُفاعِلِ المُبَيَّن هنا، تُسْتَخْدمُ في أبْحاثِ الإنْدِماجِ النَّوويّ. المَجالاتُ المِغْنطيسيَّةُ تُحَمِّي الغازاتِ الحارَّةَ وتَضْغطُها، مُحَوِّلةً إيَّاها إلى بِلازْما ومُبْعِدةً إيَّاها عن جُدرانِ الوِعاءِ الحاوي. لقد بلغَتْ درجةُ الحرارة في هذا المُفاعِل الإختياريّ الدرجةَ الضروريَّةَ للإنْدِماجِ النَّوَويّ، لكِنَّ ليسَ في الوقتِ نفسِه مع الظُّروفِ الأُخرى اللَّازمةِ لإنتاجِ الطاقة. ويأمُلُ العلماءُ في تَحْقيقِ انْدِماجٍ ناجحٍ مُتَحَكَّمٍ به بِحُلولِ العام 2025.



أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوّيُّ للأرض) ص 10 − 11
الطاقةُ الضَّوئيَّة ص 282 − 283
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 − 295

الإشْعاع

تصبُّ الشَّمْسُ إشعاعَها في الفَضاء. ويتألَّفُ هذا الإشعاعُ من سُيوبِ الجُسَيْماتِ بالإضافةِ إلى إشعاعاتٍ كَهْرُمِغْنيطيَّة، تَشْتَمِلُ على حرارةٍ وضَوء.



قُطْرُ القَلْبِ الجامِد (أو النَّواة) لِمُذَنَّبِ هيل – بوپ يَبْلُغُ حوالى 40 كم. وهو، في آذار (مارس) عامَ 1997، كان في النُّقطةِ الأقربِ إلى الأرض من مَداره منذُ عام 2000 ق.م. وهو عندما يكونُ أقربَ ما يُمكِنُ إلى الشَّمْس يُطلِقُ 10 أطنان من الجُسَيْمات في الثانية داخِلَ ذَيله؛ فيَتَوَهَّجُ هذا التذنُّبُ بوُضوحٍ بانعكاسِ ضَوءِ الشَّمْس عليه.

الضَّوءُ المَرْئِيُّ من الشَّمْس شَكْلٌ من الإشعاعات الكَهْرُمِغْنيطيَّة. وهو شَبيهٌ بالأمواجِ الرَّاديويَّةِ (اللّاسِلْكيَّة)، لكِنَّ أطوالَه المَوجيَّةَ أقْصرُ بكثير. وتَتَضَمَّنُ أشِعَّةُ الشَّمْس أيضًا أنواعًا أُخرى من الإشعاعات الكَهْرُمِغْنيطيَّة. فأشِعَّتُها فوقَ البَنَفْسجيَّةِ اللّامَرْئيَّةُ ذاتُ تَردُّداتٍ أعلى من تَردُّداتِ الضَّوءِ المَرْئيّ. وقد تُسَبِّبُ سَفْعَةَ الشَّمْس، بخاصَّةٍ في ذَوي الجِلْدِ الفاتِحِ اللَّوْن من البَشَر، وتَزيدُ من خَطَرِ السَّرطان الجِلْديّ. والأشِعَّةُ دونَ الحمراءِ غيرُ مَرْئيَّةٍ أيضًا، لكِنَّ تردُّداتِها أَخْفَضُ من تردُّدات الضَّوءِ المَرْئيّ، وهي تحمِلُ طاقةً حراريَّةً تُدْفِئُ الجِلْد؛ ويَمْتَصُّها بُخارُ الماءِ في الهواءِ بخلافِ الأشِعَّةِ فوق البَنَفْسجيَّة التي لا تُمْتَصّ. وهذا يُعَلِّلُ كيفَ يُصابُ بعضُ الناسِ بِسَفْعةِ الشَّمْس دُونَ الإحساسِ بالحَرّ في يَومٍ صَيْفيٍّ غائم. وتشتمِلُ أشِعَّةُ الشَّمْسِ أيضًا على الأشِعَّةِ السِّينيَّة (أشِعَّةِ إكس) وأشِعَّةِ غاما، وأمواجٍ لاسلكيَّةٍ راديويَّةِ التردُّد؛ لكِنَّ مُعظمَ هذه الإشعاعاتِ تُرَشَّحُ وتُحْتَبَسُ في جَوِّ الأرض.

الرِّياحُ الشَّمسيَّة

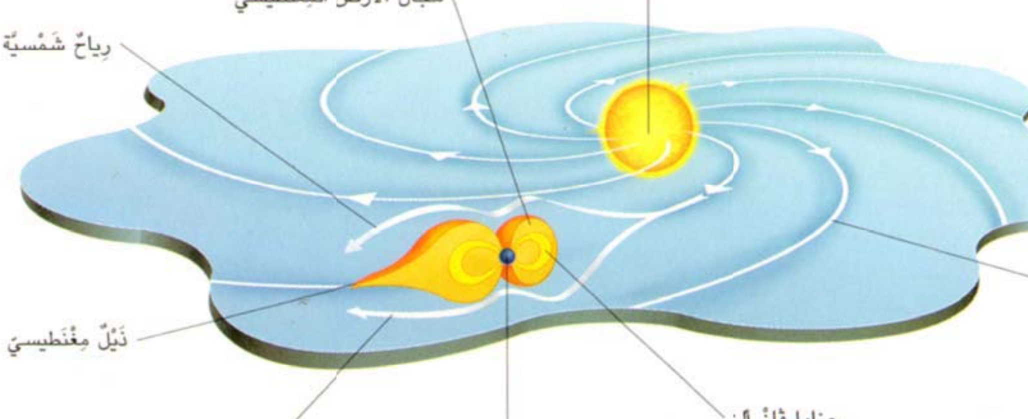
تَنْبَعِثُ الشَّمْسُ دَفْقًا من الجُسَيْماتِ دونَ الذرِّيَّة، مُعْظمُها من البروتونات والإلكترونات. وهذه تُغادِرُ جَوَّ الشَّمْسِ الخارجيَّ بِسُرعاتٍ تَتَراوحُ بين مِليون وثلاثةِ ملايينَ كيلومترٍ في السَّاعة. هذا السَّيْبُ من الجُسَيْماتِ يَنْتشِرُ عَبْرَ كاملِ أنحاءِ المَنْظومةِ الشمسيَّة، ويُسَمَّى الرِّياحَ الشَّمسيَّة.



أذْيالُ المُذَنَّبات والشَّفَقان القُطْبِيّان

المُذَنَّباتُ كُراتٌ من الجَليدِ والغُبار. عندَ دُنُوِّ المُذَنَّبِ من الشَّمْس تُبَخِّرُ حرارتُها جَليدَه فَيُولِّدُ المُذَنَّبُ مَجرًا ذَيليًّا من البُخارِ والغُبارِ الدَّقيق قد يَبْلُغُ طولُه عِدَّةَ ملايينَ من الكيلومترات. ويَتَّجِهُ ذَيْلُ المُذَنَّبِ دائمًا بعيدًا عن الشَّمْس، حتَّى وهو مُرتَحِلٌ بعيدًا عنها، بِسَفعِ الرِّياح الشمسيَّة.

الشَّفَقان سِتاران مُتألِّقانِ من الضَّوءِ المُلَوَّن يَظْهران في السَّماءِ على مَقْرُبةٍ من القُطْبَيْن الشَّماليِّ والجَنوبيّ. وهما ظاهِرةٌ أُخرى من تأثيرِ الرِّياح الشَّمسيَّة. فمَجالُ الأرضِ المِغْنطيسيُّ يَحْتَبِسُ الجُسَيْماتِ المَشْحونةَ في الرِّياحِ الشَّمسيَّةِ ويُقَنِّيها نَحْو القُطْبَيْن حيثُ المَجالُ أقوى. هذه الجُسَيْماتُ تُسَبِّبُ ابتِعاثَ الضَّوءِ من غازات الهواء. ويَحْدُثُ الشَّفقان عند تواجُدِ أعدادٍ ضَخْمَةٍ من الجُسَيْماتِ – غالبًا بعدَ عاصِفَةٍ شمسيَّةٍ حيثُ الرِّياحُ الشمسيَّةُ أشَدّ.



الرِّياحُ الشمسيَّةُ تَنْتُجُ من الجُسَيْماتِ المَشْحونةِ، في طبَقَةِ الشَّمْس الخارجيَّة، ذاتِ الطاقةِ الكافِيَةِ للإفْلاتِ من شَدِّ الجاذبيَّةِ الهائل. مَجالُ الأرضِ المِغْنَطيسيُّ يَحْتَبِسُ بعضَ هذه الجُسَيْماتِ مُكَوِّنًا حِزامَي ڤانْ أَلِن الإشعاعيَّيْن الحَلْقِيَّي الشَّكْل. خِلالَ الشَّواظِّ (الانِدلاعاتِ) الشمسِيَّة، تَغُطُّ الجُسَيْماتُ إلى جَوِّ الأرض العُلْويِّ وتُسَبِّبُ الشَّفَقَيْن؛ وأحيانًا تُعَطِّلُ الاتِّصالاتِ اللّاسِلْكيَّة (الرَّاديويَّة).



◄ الشَّفَقان أنماطٌ من الضَّوءِ تَظْهَرُ في السَّماءِ أحيانًا على مَقْرُبَةٍ من القُطْبَيْن. الشَّفَقُ القريبُ من القُطْبِ الشَّماليّ يُسَمَّى الشَّفَقَ الشَّماليّ؛ والشَّفَقُ القريبُ من القُطْبِ الجَنوبيّ، يُسَمَّى الشَّفَقَ الجَنوبيّ. جُزَيئاتُ الغازِ في الشَّفَق، كما الغازُ داخِلَ مِصْباحٍ فَلُوريّ، تَتَوَهَّجُ جرّاءَ ارتطامِها بالجُسَيْماتِ المَشْحونةِ السريعةِ الحَرَكة في الرِّياحِ الشَّمسيَّة.



◄ هذا المَنْزِلُ يَسْتَخْدِمُ الطاقةَ الشمسيَّةَ بِطرائقَ ثلاثٍ. فالمَأْطُوراتُ في وَسَطِ السَّقْف تُسَخِّنُ الماءَ لِلغسيلِ والتَّدْفئةِ المَرْكزيَّة. والمَأطوراتُ السَّوداءُ على حافَّتَي السَّقْف تُحَوِّلُ الضوءَ إلى تيَّارٍ كَهْربائيّ. كذلك يُدْفِئُ ضوءُ الشَّمْسِ الهواءَ في الدَّفيئةِ الزُّجاجيَّة، فيرتفعُ الهواءُ السَّاخِنُ ناشِرًا الحرارةَ عَبْرَ بَقيَّةِ المَنْزِل.

استِخْدامُ الإشعاعاتِ الشَّمْسيَّة

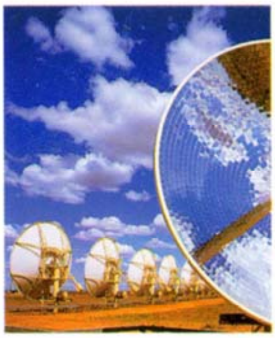
عندما تكونُ الشَّمْسُ في السَّمْتِ مُباشَرةً والسَّماءُ صافِية، يتلَقَّى الكيلومترُ المُرَبَّعُ الواحِدُ من سَطْحِ الأرض حوالَى 1000 ميغاواط من الطاقة الشمسيَّة - أي ما يَكْفي لِتَزْويدِ مدينةٍ صغيرةٍ بالقُدْرة. ومع تَوقُّعِ نَفادِ الوُقُدِ الأُحفوريَّةِ في وَقْتٍ غيرِ بَعيد، فإنَّ استِخْدامَ هذه الطاقةِ لِتوليدِ الحرارةِ والقُدْرةِ يَزْدادُ أهمِّيَّةً.

الخلايا القُلْطائيَّةُ الضَّوئيَّةُ تُوَلِّدُ تيَّارًا كهربائيًّا عندما يَسْقُطُ عليها الضوءُ. فتُسْتَخْدَمُ مَأطوراتٌ من هذه الخلايا لِتَزْويدِ السَّواتِلِ الفَضائيَّة بالقُدْرة، وكذلك المُعَدَّاتِ الكهربائيَّةِ في المناطقِ النائيَة. الخلايا القُلْطائيَّةُ الضَّوئيَّةُ تُصْنَعُ عادةً من شرائحَ سِليكونيَّةٍ رَقيقة. وهي عاليةُ التَّكْلفة لأنَّ السِّليكون يجبُ أن يكونَ نقِيًّا تمامًا، عدا كمِّيَّاتٍ من عناصِرَ أُخرى مُحْتَسَبَةٍ بعِناية. ويُجْري العلماءُ مُحاولاتٍ دَؤوبةً لتَطْويرِ خلايا شَمْسيَّةٍ أقلَّ تَكْلفَةً باستِخْدامِ مَوادَّ جديدة.

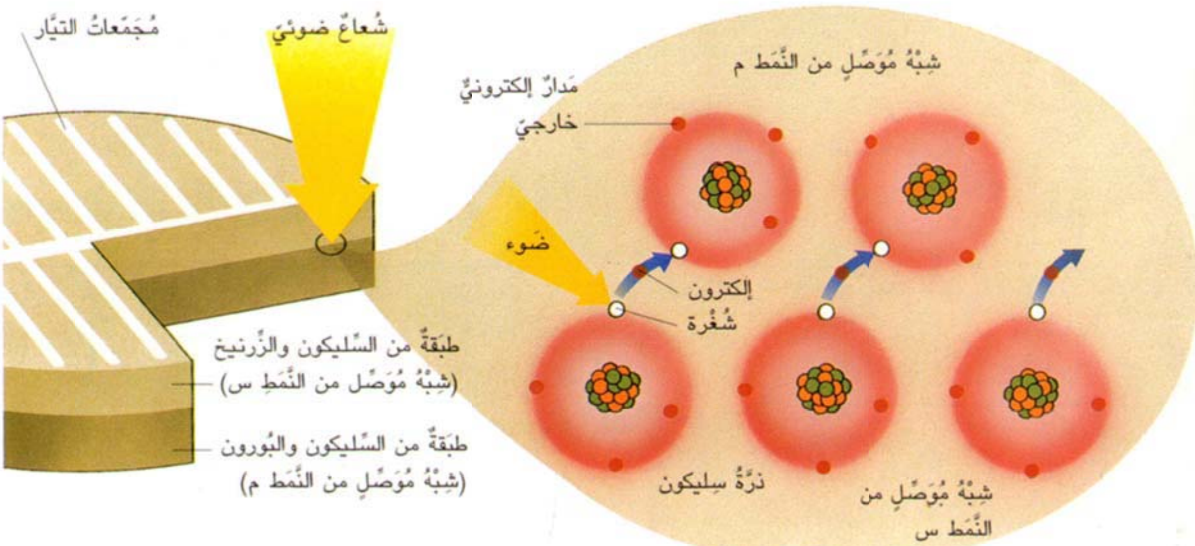
وهنالكَ نَمَطٌ مُختلِفٌ من المَأطوراتِ الشمسيَّةِ لِتَسْخينِ الماءِ تتألَّفُ مأطوراتُه من أنابيبَ مَطْليَّةٍ بدِهانٍ أسودَ تَمْتَصُّ الحرارةَ من أشِعَّةِ الشَّمْس وتُسَخِّنُ الماءَ الجاريَ عَبْرَها. لكنَّ سُخونةَ الماءِ غالبًا ما تكونُ غَيْرَ وافِيَةٍ بالغَرض، فيُعزَّزُ تَسْخينُها بِمِرْجَلٍ يَسْتَخْدِمُ الكهرباءَ أو الوُقُدَ الأُحفوريَّة.

الأفرانُ الشَّمسيَّةُ تَسْتَخْدِمُ مِئاتِ المَرايا لِتَرْكيزِ (تَبْئير) أشِعَّةِ الشَّمْسِ في نُقْطَةٍ واحدة. وهذه المَرايا تتحَرَّكُ دومًا لِتَبْقى في مُواجَهةِ موقعِ الشَّمْسِ المُتَنقِّلِ عَبْرَ السَّماء. الأفرانُ الشَّمسيَّةُ التي يَسْتَخْدِمُها علماءُ الأبحاث يُمكِنُها تَوليدُ درجاتِ حرارةٍ تَفوقُ 5000°س. وتَسْتَخْدِمُ تراكيبُ مَشِلَّةُ الطاقةَ الشمسيَّةَ لِتَوليدِ البُخار للمُنَوِّباتِ التُّرْبينيَّة (مُوَلِّدات التيَّار الكهربائيّ المُتَناوِب).

تَصاميمُ بعضِ المباني الحديثةِ تُتيحُ الإفادةَ من أشِعَّةِ الشَّمْس في تَسْخينِ الهواءِ بداخلِها، فتُخَفِّضُ بذلك نَفَقاتِ التدفئةِ بِوسائلَ لا تَتَطلَّبُ تِقاناتٍ مُتطوِّرة.



▲ ظلَّت مَحطَّةُ تَوليدِ القُدْرة الشمسيَّة هذه تُزَوِّدُ مدينةَ وايْت كلِفْس في نيُوسَوْث وِيلْز، بأُستراليا حتَّى وُصولِ إمداداتِ الكهرباء العامَّة إلى المدينة في العام 1993. مرايا المَحطَّةِ كانت تُرَكِّزُ أشِعَّةَ الشَّمْس، فتُحَوِّلُ الماءَ إلى بُخارٍ عالي الضَّغْط يُديرُ مُحَرِّكَ الدِّيزل المُحَوَّلَ ومَجْموعةً من المُوَلِّدات.



◄ بطّاريَّةُ الخلايا القُلْطائيَّةُ الضوئيَّة تتألَّفُ واحِداتُها من طَبَقَتَيْن من شِبْه المُوَصِّلات - أحَدُها من النَّمَط س يَحْوي إلكتروناتٍ إضافيَّةً، والآخَرُ من النَّمَط م يَحْوي شُغْراتٍ إلكترونيَّةً (عَديمةِ الإلكترونات). الطاقةُ الضَّوئيَّةُ تَجْعَلُ الإلكتروناتِ تَنْتَقِلُ من النَّمَط س لِتَمْلأَ الشُّغْراتِ في النَّمَط م. ثُمَّ تَسْري الإلكتروناتُ كتيَّاراتٍ كهربائيَّة تُجْمَعُ لِتُؤلِّفَ الدَّارةَ الخارجيَّة.

أُنْظُر أيضًا

الذرّات ص 150 - 151
الحرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس ص 242 - 243
الشَّمْس ص 394 - 395
المُذَنَّبات ص 412

الطَّيْفُ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ

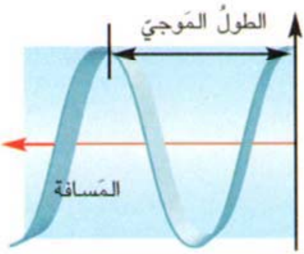
الطَّيْفُ الكَهْرُمِغْنَطيسيُّ هو المَدى الكامِلُ للإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّةِ التي تَشْمَلُ الأَمواجَ الرَّاديويَّةَ (اللَّاسِلْكيَّةَ)، والأَشِعَّةَ الحراريَّةَ والضَّوئيَّةَ، والأَشِعَّةَ السِّينيَّةَ (أَشِعَّةَ إكس) وأَشِعَّةَ غاما.



التلفوناتُ النَّقُّولةُ تُرْسِلُ وتَسْتَقْبِلُ إشاراتٍ لاسِلْكيَّةً عاليةَ التردُّدِ جدًّا.

الإشعاعُ الكَهْرُمِغْنيطيُّ شَكْلٌ من الطاقةِ يَنْطلِقُ بِسُرعةِ الضَّوء، التي تَبْلُغُ 300 000 كم في الثانية. وأثناءَ انطلاقِه تتحَوَّلُ طاقتُه جيئةً وذَهابًا بينَ مَجالَيْن كَهْربائيٍّ ومِغْنَطيسيٍّ بحيثُ إنَّه عندما تَزْدادُ شِدَّةُ أحدِ المَجالَيْن تَتَناقَصُ شِدَّةُ الآخَر. وتُسَمَّى سُرعةُ حُدوثِ هذا التبادُلِ تَرَدُّدَ ذلك الإشعاع. والمَعروف أنَّ الإشعاعاتِ الكَهْرُمغنيطيَّةَ المُختلِفةَ هي ذاتُ تَرَدُّداتٍ مُختلِفة. فالأَمواجُ الرَّاديويَّةُ، مثلًا، أَخْفَضُ تَرَدُّدًا من تَرَدُّدِ أَشِعَّةِ الضَّوء، وتَرَدُّدُ الضَّوءِ الأَزْرقِ أعلى من تَرَدُّدِ الضوءِ الأَحْمر. إنَّ تَرَدُّدَ الإشعاعِ الكَهْرُمِغْنيطيِّ، مَقيسًا بالهِرْتْز (هز)، هو عَدَدُ المَرَّاتِ في الثانيةِ التي يَبْلُغُ فيها المَجالُ الكَهْربائيُّ قِيمَتَه القُصْوى.

العُلَماءُ يَرتأون أنَّ الإشعاعَ الكَهْرُمِغْنيطيَّ يَنْطَلِقُ أَمواجًا – ذلكَ لأنَّ شِدَّتَي المَجالَيْنِ الكهربائيِّ والمِغْنَطيسيِّ تَتغَيَّران باستِمرارٍ صُعُودًا وهُبُوطًا أثناءَ انطِلاقِهما عَبْرَ الفَضاء. والطُّولُ المَوجيُّ هو المَسافةُ التي تَقْطَعُها المَوجةُ في الوقتِ الذي يَسْتَغرِقُه المَجالُ الكَهْرَبائيُّ لِيَهْبِطَ من قيمَتِه القُصْوى إلى الدُّنْيا ومن ثَمَّ يَعُودُ فيَرتفِعُ إلى نيمَتِه القُصْوى. وهذا يَعْني أنَّ الطُّولَ المَوجيَّ هو



الطُّولُ المَوجيُّ هو المَسافة بين ذُرْوتَيْن مُتَجاوِرتَيْن لِمَوجةٍ كَهْرُمِغْنيطيَّة.

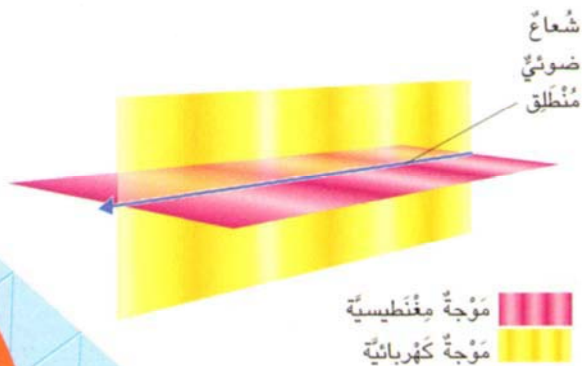
سُرْعةُ الضَّوءِ مَقْسومَةً على التَرَدُّد. فالإشارةُ المُنْبَعِثةُ من مَحطَّةِ إذاعةٍ، مثلًا، التي يَبْلُغُ تَرَدُّدُها بَثِّها 1200 كيلوهِرتْز (1 200 000 هِرتْز)، يكونُ طولُها المَوجيُّ حوالى 250 مترًا.

الأَمواجُ الرَّاديويَّةُ والصُّغْريَّة

مَحطَّاتُ الإذاعةِ تَسْتَخْدِمُ تَرَدُّداتٍ مَداها ما بين 150 000 وحوالَى 20 مليون هِرتْز. وكُلُّ إذاعةٍ تَسْتَخدِمُ تَرَدُّدًا مُعيَّنًا بحيثُ يُوالِفُ المُستمِعونَ أجهِزَتَهُم إلى المَحَطَّةِ المُعَيَّنةِ لِتَلَقِّي المَوجاتِ ذاتِ التردُّدِ الخاصِّ بتلكَ المَحَطَّة. المُرسِلاتُ التلفِزيُونيَّةُ الأرضيَّةُ تُرْسِلُ إشاراتٍ تَتراوحُ تَرَدُّداتُها بين حوالى 70 إلى 800 ميغاهِرتْز (الميغاهِرتْز يُساوي مليون هِرتْز).



الطَّيْفُ الكَهْرُمِغْنَطيسيُّ يَمْتَدُّ من الأَمْواجِ الرَّاديويَّةِ (اللَّاسِلْكيَّة) على التردُّداتِ الأَخفض إلى أشِعَّةِ غاما على التردُّداتِ الأعلى. الضوءُ المَرْئيُّ يَشْغَلُ مَدًى ضَيِّقًا من التردُّدات في وَسَطِ الطَّيْفِ الكَهْرُمِغْنيطيّ. إنَّ تَغَيُّراتِ الطُّولِ المَوجيِّ في هذا الرَّسْمِ ليسَتْ بِمقياسِ رَسْمٍ نِسْبيّ.



▲ المَوْجةُ الكَهْرُمِغْنيطيَّةُ تَوليفةٌ من مَجالَيْن كهربائيٍّ ومِغْنَطيسيٍّ يتذَبْذبان في مُسْتَوِيَيْن مُتَعامِدَين واحدِهما مع الآخَر.

أمّا التلفزيوناتُ السّاتِليّةُ فتَعْمَلُ بتردُّداتٍ أعلى. وتُلْتَقَطُ أمْواجُها الكَهْرُمِغْنيطيّةُ بهوائيّاتٍ طبَقيّةٍ مُقعّرةٍ مُوجّهةٍ نحو السّاتِلِ الفَضائيّ.

الرّاداراتُ تَبُثُّ أمواجًا لاسِلْكيّةً تَصْطدِمُ بالطائراتِ أو السُّفُنِ أو السُّحُبِ فترتدُّ مُنعكِسةً عنها ومُبيّنةً مَواقِعَها، التي قد تَبْعُدُ عِدّةَ كيلومترات. وهي تَسْتَخْدِمُ أطوالًا مَوجيّةً تَبْلُغُ بِضْعةَ سَنْتيمترات. الرّادارُ الدُّوبْلَريُّ يَقيسُ سُرعةَ الأَجْسامِ المُتحرِّكةِ من التغيُّراتِ الدّقيقةِ في تردُّدِ الأمْواجِ المُنعكِسةِ.

أفرانُ التمَوُّجاتِ الصُّغْريّةِ تَسْتَخدِمُ أطوالًا مَوجيّةً تَبْلُغُ بِضْعةَ مِليمترات، أي بتردُّدٍ يَبْلُغُ أُلوفَ المَلايين من الهِرْتْزات. هذه الإشْعاعاتُ تُسخّنُ المآكِلَ بجَعْلِ جُزَيئاتِ الماءِ فيها تَتذَبْذَبُ بسُرعة.

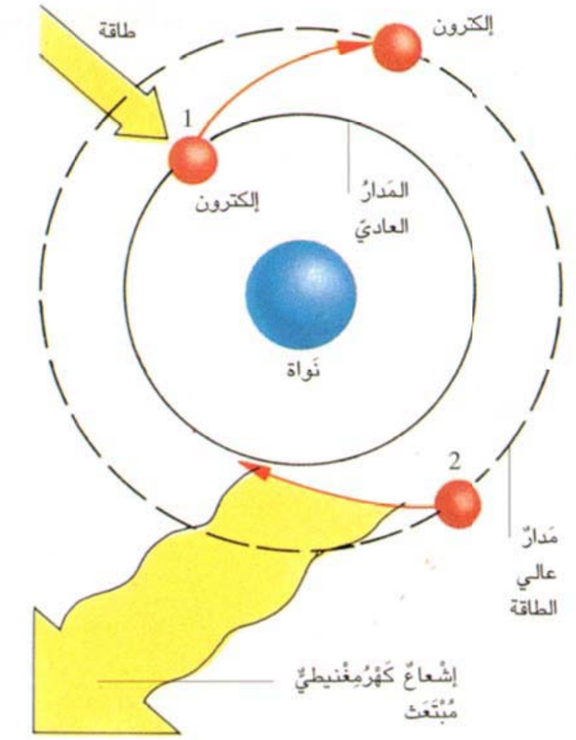
الضَّوءُ دُونَ الأَحْمرِ وما فوق

تَرَدُّدُ الإشعاعاتِ دونَ الحمراء أخفَضُ قليلًا من تَرَدُّداتِ الضَّوءِ المَرْئيّ. وتَتَراوحُ أطوالُها المَوجيّةُ بين مليمتر واحد و750 نانومترًا (النانومتر جُزءٌ من ألف مليون من المتر). الأجْسامُ الحارّةُ تَبْتَعِثُ إشعاعاتٍ دُونَ الحمراء يُحَسُّ بها كحَرارة. الضَّوءُ المَرْئيُّ هو الجُزْءُ الضئيلُ من الطَّيْفِ الكَهْرُمِغْنَطيسيِّ الذي تَسْتَطيعُ العَيْنُ البَشَريّةُ الإحساسَ به. طَيْفُ الألْوان يَمْتَدُّ من الضَّوءِ الأحمر ذي الطُّولِ المَوجيِّ 770 نانومترًا إلى الضَّوءِ البَنفْسجيِّ الذي طولُه المَوجيّ 400 نانومتر.

والمَعروف أنّه كُلّما قَصُرَ الطُّولُ المَوجيُّ تَزْدادُ طاقةُ الإشْعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيّة. فالأشِعّةُ فوقَ البَنفْسجيّة التي تُحْدِثُ سَفْعةَ الشّمْسِ ذاتُ أطوالٍ مَوجيّةٍ (100 – 400 نانومتر) أقصَرَ من الأطوالِ المَوجيّةِ للضّوءِ المَرْئيّ.

والأشِعّةُ السِّينيّةُ (أشِعّةُ إكس) العاليةُ الطاقة ذاتُ أطوالٍ مَوجيّةٍ أشدَّ قِصَرًا – غالبًا أقلَّ من قُطْرِ الذرّة (0,1 نانومتر) – فتَسْتطيعُ اختِراقَ اللّحْمِ والعَظْمِ.

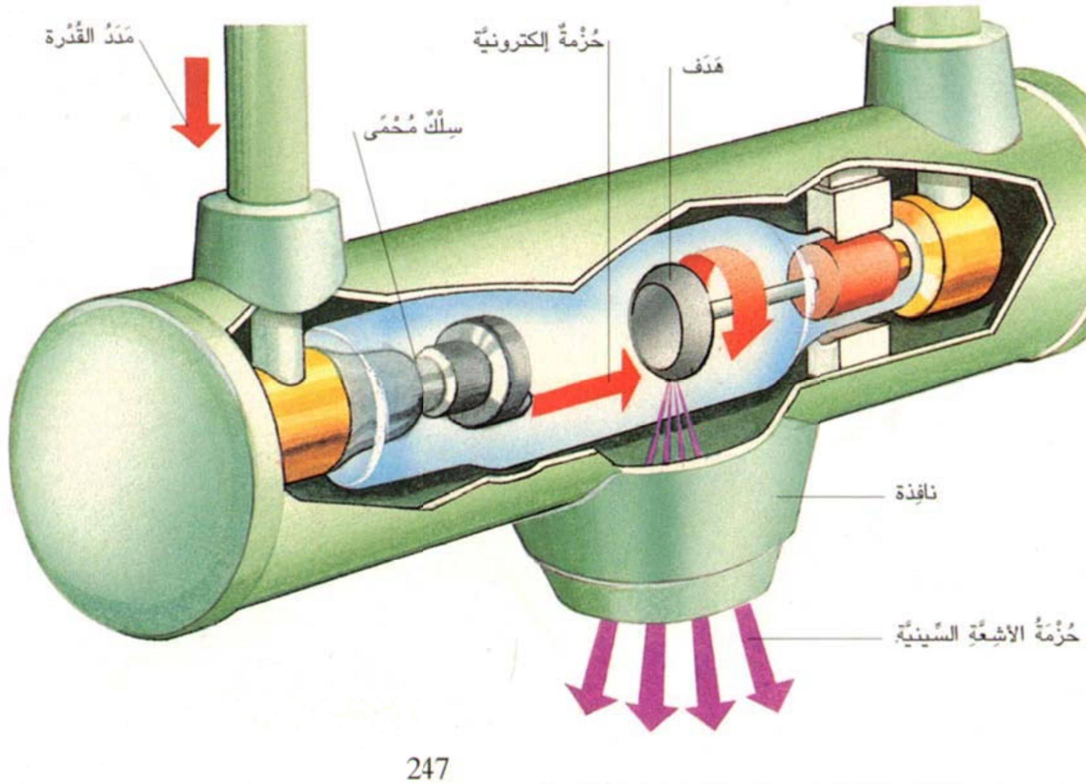
أشِعّةُ غاما أعلى طاقةً وأقلُّ قِصَرًا من الأشِعّةِ السِّينيّة. ويُمكِنُ استِخْدامُها في إبرازِ صُوَرٍ للشُّقوق الدقيقة العَميقةِ داخِلَ القِطَعِ الفِلزّيّةِ المَعْدنيّة.



► تَدورُ إلكتروناتُ الذرّةِ حولَ نَواتِها في مَدارات. وتعتَمِدُ طاقةُ كُلِّ إلكترونٍ على مَدارِه. إكتِسابُ الطاقةِ يَجْعَلُ الإلكترونَ يَقْفِزُ من مَدارِه المُعتاد (1) إلى مَدارٍ ذي طاقةٍ أعلى (2). وبِحُدوثِ ذلكَ تكونُ الذرّةُ قد امتَصّتْ إشعاعاتٍ تَتَساوَقُ مع الفَجْوةِ الطاقيّةِ بينَ المَدارَيْن. أمّا إذا هبَطَ إلكترونٌ من مدارٍ عالي الطاقة إلى آخَرَ أخفضَ طاقةً، فإنَّ الذرّةَ تَبْتَعِثُ ذلكَ الفارقَ الإشعاعيَّ بينَ المَدارَيْن.



الكثيرُ من طائراتِ الرُّكّابِ مُجهَّزٌ بِمَنْظوماتٍ راداريّةٍ تَبْتَعِثُ أمواجًا لاسلكيّةً تَرتَدُّ مُنعكِسةً عن السُّحُبِ في مَسارِ الطيران أمامَها. ويُحَلِّلُ حاسوبٌ هذه الأصْداءَ مُبيِّنًا حَجْمَ السُّحُبِ وبُعْدَها؛ ويُمكِنُ أن يكشِفَ الحاسوبُ أيضًا مَصادرَ الخَطَرِ المُحْتَمَلةَ منها، كعَواصِفِ البَرَد مثلًا.



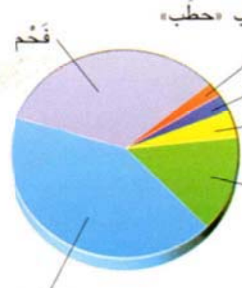
مَكِنةُ الأشِعّةِ السِّينيّةِ في مُستَشْفى تَسْتَخْدِمُ أنبوبًا لإنتاجِ هذه الأشِعّة. في الأنبوبِ سِلْكٌ مُحْمًى يَبْتَعِثُ إلكتروناتٍ تُسَرِّعُها مَجالاتٌ كَهْربائيّةٌ نَحو هَدَفٍ فلِزّيّ. التّصادُمُ الحاصِلُ يَقْذِفُ إلكتروناتٍ من ذرّاتِ الفلِزّ. كذلك تَسْقُطُ إلكتروناتٌ أُخرى في الفراغاتِ التي تُخَلِّفُها الإلكتروناتُ المَقْذوفة. وبذلكَ تَفْقِدُ الإلكتروناتُ طاقةً على شَكْلِ أشِعّةِ إكس.

أنْظر أيضًا

التّقاناتُ الطّبّيّة ص 142 – 143
الذرّات ص 150 – 151
الإشْعاع ص 244 – 245
التّواصُلُ الكَهْربائيّ ص 364 – 365

مَصادِرُ الطاقةِ الأَرضيَّة

الفَحْمُ والنِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ وُقُدٌ لا مُتَجَدِّدةٌ وتُسَبِّبُ التلوُّث، وهي إلى نُدرةٍ ونَفاد. أمَّا القُدرةُ الشَّمْسيَّةُ والكهرَمائيَّةُ فدائمتان ولا تُحدِثانِ تلوُّثًا.



مُعْظَمُ الطاقةِ التي نَسْتَخْدِمُها مَصْدَرُها الوُقُد الأُحفوريَّةُ اللّامُتَجَدِّدة – وهي الفَحْمُ والنِّفْطُ والغازُ الطبيعيّ. الوَقُودُ النَّوَويُّ هو الوَقُودُ اللّاأُحفوريُّ الذي يُوَفِّرُ اكثَرَ ما يكون من الطاقة. القُدرةُ الكَهْرَمائيَّةُ تُوَلَّدُ بِسُقُوطِ الماء، وهي المَصْدرُ الأَعظمُ للطاقةِ المُتَجَدِّدة. أمَّا مَصادرُ الطاقةِ الأُخرى فتَشْمَلُ الخشَبَ «الحَطَب» وقُدرةَ الرِّيحِ والقُدْرةَ الشَّمْسيَّةَ والقُدْرةَ المَوجيَّة.

▼ هذا الكَومُ الضَّخْمُ من الفَحْمِ الحَجَريّ مُكَدَّسٌ هنا إعدادًا لِلحَرْقِ في مَحطَّةٍ لِتَوليدِ القُدْرة. ويُقَدِّرُ الجيُولوجيُّون أنَّ احتياطيَّ الفَحْمِ العالميّ كافٍ لِيدومَ حوالى 300 سنة. كما يُقَدِّرون أيضًا أنّا قد استَنْفَدنا حوالى رُبْعِ مُجْمَلِ الاحتياطيِّ النِّفْطيِّ العالميّ؛ وأنَّ النِّفْطَ سيكون شحيحًا أواسط هذا القَرْن ما لم يُعثَرْ على مَكامِنَ جديدةٍ ضَخْمة.

تُشِعُّ الشَّمْسُ يوميًّا كمِّيّاتٍ هائلةً من الطاقةِ على سَطْحِ الأَرض. ومُعظَمُ هذه الطاقةِ هو على شَكْلَيْن – حرارةٍ وضَوء. الحرارةُ تُبْقي كوكبَ الأرض على درجةِ الحرارةِ الملائمة لبَقاءِ الحياة. وهي أيضًا تَسوقُ الرِّياحَ وتُبَخِّرُ مياهَ البِحار التي لاحقًا تَتساقَطُ أمطارًا. الضوءُ من الشَّمْسِ يُمكِّنُنا من رؤيةِ الأشياء، ويُوَفِّرُ أيضًا الطاقةَ للنَّباتات كي تَنْمُو وتُوَفِّرَ غذاءً للحيوانات.

المُجْتَمعاتُ المُتَطَوِّرةُ تعتَمِدُ على أنماطٍ عديدةٍ مُختلِفةٍ من المكِنات لاستِخْدامِها في وسائلِ الاتِّصال والتَّصْنيعِ والنَّقْل. قليلٌ جِدًّا من هذه المكِنات مُزَوَّدٌ بالقُدْرةِ مُباشَرةً من الشَّمْس. والكثيرُ منها يَسْتَخْدِمُ الكهرباءَ التي تُوَلَّدُ بحَرْقِ الوُقُدِ الأُحفوريَّة أو بالانْشِطارِ النَّوَويّ. وبَعْضُها، كالسيّاراتِ والشّاحنات، يَحْرِقُ وُقُدًا أُحفوريَّةً في مُحَرِّكاتِ الاحتِراقِ الدّاخليّ.

الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ – من فَحْمٍ ونِفطٍ وغازٍ طبيعيّ – تَحْوي طاقةً مَصدَرُها ضَوءُ الشَّمْس الذي احتُبِسَ في مُتَعَضِّياتٍ عاشَتْ مُنذُ مَلايين السِّنين. هذه الوُقُدُ تَختَزِنُ الطاقةَ على شَكْلِ طاقةٍ كيماويَّة.

الفَحْمُ الحَجَريّ

تكَوَّنَ الفَحْمُ الحَجَريُّ من نَباتاتٍ شِبه سَرْخسيَّةٍ عاشَتْ في المُسْتَنْقعات منذُ حوالى 300 مليون سنة. النَّبْتُ المَيْتُ كان يغورُ تحت الماءِ مُكَوِّنًا سَبَخاتٍ خُثِّيَّة. وبمُرورِ الزَّمَن،



مُخَطَّطُ سَيْرِ العَمليّاتِ الطاقيَّة



الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ تكَوَّنَتْ من نَباتاتٍ نَمَتْ مُسْتَخْدِمَةً الطاقةَ من ضَوءِ الشَّمْس. وهي عندما تَحْترِقُ، تتحَوَّلُ طاقَتُها الكيماويَّةُ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ يُمكِنُ استِخْدامُها في تَوليدِ الكَهْرباء.

تراكمَتْ طبَقاتٌ من رُساباتِ الرَّمْلِ والطُّفال، بلغَتْ سماكَتُها أحيانًا آلافَ الأَمتار، فطمَرَت البَقايا العُضْويَّة. ثُمَّ تَصلَّبت الرُّساباتُ صَخْرًا؛ وفَكَّكَ الضَّغْطُ ودرَجةُ الحرارة العاليان بقايا النَّباتات، فتحَوَّلَتْ إلى فَحْمٍ حَجَريّ. يتألَّفُ هذا الفَحْمُ من حوالى 90 بالمئة كربون مع مُرَكَّباتٍ كربونيَّةٍ أُخرى تَحْوي الهِدْروجين والنِّتْروجين والكِبْريت.

النِّفْطُ والغازُ الطبيعيّ

الغازُ الطبيعيُّ مُعظمه من الميثان – أَبْسَطِ الهِدْروكَرْبونات – صِيغَتُه الكيماويَّة ك هـ ₄ «CH_4». النِّفْطُ أو الزَّيْتُ الخام، الذي نُسمِّيه أيضًا البترول، هو سائلٌ أصفرُ بُنِّيٌّ أو أَسْوَدُ يتألَّفُ من مَزيجٍ من مئاتِ الهِدْروكَرْبونات المُعَقَّدة.

النِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ تكوَّنا من مُتَعَضِّياتٍ عاشَتْ في البِحار منذُ ما يُقارِبُ 180 مليون سنة. فاستَقَرَّت المُتَعَضِّياتُ المَيْتَةُ في طبَقاتٍ عميقةٍ على قاعِ البَحْر. وفكَّكَت البَكْتِريا بَقاياها مُكَوِّنةً هِدْروكَرْبونًا يُسَمَّى كِيروجِن (قارَ الطَّفْلِ الزَّيْتيّ). وفي عمليَّةٍ مَثيلةٍ لتكَوُّنِ الفَحْم، تراكمَتْ رُساباتٌ من الرَّمْلِ والطُّفالِ تَدْريجيًّا فوقَ الكيروجِن. وبِفِعْلِ الضَّغْطِ ودرجةِ الحرارة العاليَيْن، تحتَ طَبَقةِ الرُّسابات، تحَلَّلَ الكيروجِن مُكَوِّنًا الهِدْروكَرْبوناتِ

الأَبْسَطَ التي تُؤلِّفُ الغازَ الطبيعيَّ والنِّفط. وفي الوَقْتِ نَفْسِه تحَوَّلتْ هياكِلُ المُتعَضِّياتِ المَيْتَةِ إلى صَخرٍ كِلْسيٍّ مَساميّ.

وخِلالَ تكوُّنِهما، كانَ النِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ ينِزَّان صُعُدًا عَبْرَ مَسامِّ الصَّخْر. فَيُفلِتُ قِسْمٌ منهُما إلى سَطْحِ الأرض، ويُحْتَبَسُ الكثيرُ تحتَ طبَقاتٍ من الصَّخْرِ المُصْمَتِ مُكَوِّنًا تَراكُماتٍ ومَكامِنَ من النِّفطِ والغازِ الطبيعيِّ تحتَها.

استِخْدامُ الوُقُدِ الأُحفوريَّة

تُطلِقُ الوُقُدُ الأُحْفوريَّةُ طاقةً حراريَّةً عندما تَحْترِقُ في الهواء. فالفَحْمُ والغازُ الطبيعيُّ والوُقُد المُسْتَخْلَصةُ من النِّفطِ الخام كُلُّها تُسْتَخْدَمُ لتَوفيرِ الطاقة الحراريَّة للمَباني. كذلك يُحْرَق البِنْزينُ وزَيْتُ الدِّيزِل في المُحَرِّكاتِ لتَزويدِ السيَّاراتِ والمَرْكَبات الأُخرى بالطاقةِ الميكانيكيَّة. فعمليَّةُ الاحتِراق تُوَلِّدُ غازاتٍ حارَّةً تَتمَدَّدُ فتُحَرِّكُ الكَبَّاساتِ في المُحَرِّك. وبهذه الطريقةِ، تتَحَوَّلُ الطاقةُ الكيماويَّةُ في الوَقُود إلى طاقةٍ حراريَّةٍ ثُمَّ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة. المُحَرِّكاتُ البُخاريَّةُ تَسْتَخدِمُ الوُقُدَ اللَّهوبَةَ لِتُحوِّلَ الماءَ إلى بُخارٍ عالي الضَّغْط يتمَدَّدُ فيُحَرِّكُ المَكابِس.

وتُسْتَخْدَمُ الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ أيضًا في توليدِ الكهرباء. فتَحْرِقُ مَحَطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة الحراريَّة الفَحْمَ أو الغازَ الطبيعيَّ أو زَيْتَ الوَقُود لإغلاءِ الماءِ وتَوليدِ البُخار. والبُخارُ العالي الضَّغْط يُدير تُرْبيناتٍ تُديرُ بدَورِها أعمدةَ إدارةِ المُوَلِّداتِ لِتُوَلِّدَ الكَهْرباء.

الطاقةُ النَّوَويَّة

يُقَدِّرُ الخُبَراءُ أنَّ حوالى 10 بالمئة من الطَّلَب العالميِّ على الكَهْرباء يُؤَمَّنُ حاليًّا بالطاقةِ النَّوَويَّة. في الوَقُود النَّوويِّ، تُطلِقُ ذرَّاتُ اليُورانيُوم أو البلوتونيُوم طاقةً حراريَّةً بانْشِطارِها إلى ذرَّاتٍ أصغَرَ. وتُسْتَخْدَمُ تلك الحرارةُ في إغلاءِ الماء، كما تُسْتَخْدَمُ الحرارةُ من الأفران في مَحَطَّاتِ تَوليدِ القُدْرةِ التقليديَّة. الطاقةُ في الوُقُدِ النَّوَويَّةِ ليسَ مصدرَها الشَّمْسُ. فهي مُحْتَبَسَةٌ في نَوى الذرَّات، وتتحَرَّرُ عندَ انْشِطارِ تلك النَّوى. الوُقُدُ النَّوَويَّةُ تظَلُّ خَطِرةً إشعاعيًّا على مَدى آلافِ السِّنين بعدَ استِخْدامِها في المُفاعِلات. لذا، يَجِبُ تَخْزينُها بفائقِ العنايةِ لتفادي خَطرِ إشعاعاتِها.

مَوارِدُ الطاقة المُتجَدِّدة

الوُقُدُ الأُحْفوريَّةُ والنَّوَويَّةُ ليسَت مَواردَ طاقةٍ مُتَجَدِّدة. فهي يومًا ما ستَنْفَدُ. ولا يَخْفى أنَّ هذه الوقُدَ لها مشاكلُها الأُخرى أيضًا. فعمليَّاتُ تَعْدينِ الفَحْم وإنتاجِ النِّفطِ والغازِ الطبيعيِّ يُمكِنُ أنْ تُسَبِّبَ مشاكِلَ بيئيَّة - إحتراقُ الوقُدِ الأُحفوريَّة يُولِّدُ غازَ ثاني أُكسيد الكربون، الذي يُسْهِمُ في ظاهرةِ الدَّفيئات والحمُوِّ العالميّ؛ والوقُدُ النَّوَويَّةُ تُخَلِّفُ نُفاياتٍ بالِغةَ الخُطورة.

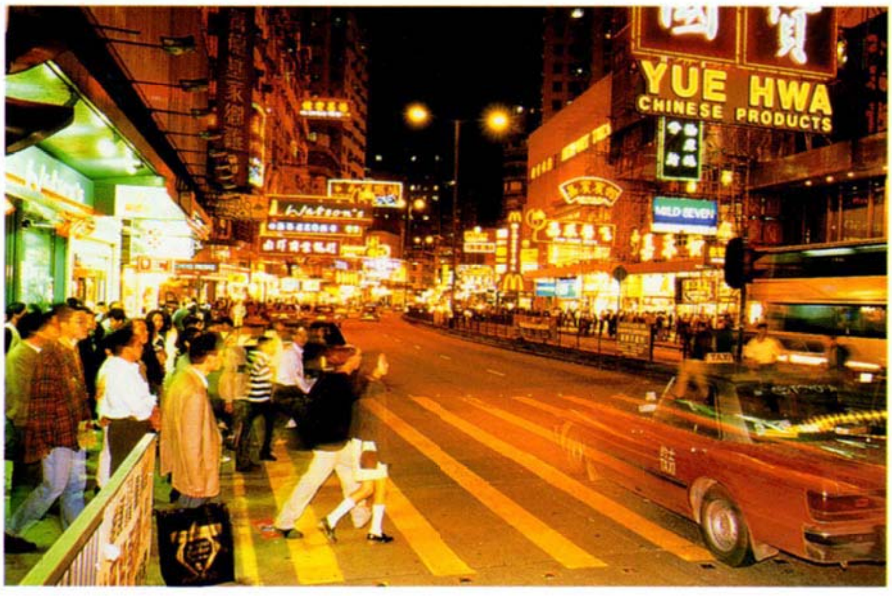
بالمُقابِل، فإنَّ مواردَ الطاقة المُتَجَدِّدة مُسْتَدامةٌ لا تَنْفَد. فالخلايا الشَّمْسيَّةُ تُوَلِّدُ الكهرباءَ من ضوءِ الشَّمْس؛ والمأطوراتُ الشَّمْسيَّةُ تُسَخِّنُ الماءَ. ويُمكِنُ استِخْدامُ الخشَبِ والنَّباتاتِ المُختلِفة لإنتاجِ وُقُدٍ جامِدَةٍ وسائلة. كذلك يُمكِنُ تَسْخيرُ الرِّيحِ والأَمْواجِ والمَدِّ والجَزْرِ لِتَوليدِ الكهرباء كما تُوَلَّد من ماءِ السُّدود. وتَسْتَخْدِمُ مَنْظوماتُ الطاقةِ الحرارِيَّةِ الأرضيَّةِ البُخارَ من الصُّخورِ الحارَّة في باطِنِ الأرضِ لِتَوليدِ الكهرباء أو كمَصْدرٍ مُيَسَّرٍ لِطاقةٍ حراريَّة.



▲ هذه الطاحُونةُ الهوائيَّةُ تَسْتَخدِمُ قُدْرةَ الرِّيحِ لِضَخِّ الماء. وهي لا تُحْدِثُ تلَوُّثًا ولا تَسْتَهْلِكُ احتِياطِيَّاتٍ طاقيَّةً. لكِنَّها رُغْمَ ضَخامتِها تُوَلِّدُ فقَطْ ما يَكفي من القُدْرةِ لِتشغيلِ مُحَرِّكٍ كهربائيٍّ صَغير.



▲ في بعضِ المناطق، تقَعُ الصُّخورُ الحارَّةُ على مَقْرُبَةٍ من سَطْحِ الأرض. هذه الحَمَّةُ في آيْسلَنْدا يَتَبَجَّسُ بُخارُها من ماءٍ مُغْلًى عَميقًا في باطِنِ الأرض بالطاقةِ الحراريَّةِ الأرضيَّة. وفي بعضِ الأماكِنِ يُسْتَخْدَمُ البُخارُ الحراريُّ الأرضيُّ لِتَسْييرِ مُوَلِّداتٍ كَهْربائيَّةٍ ولِتَوفيرِ الطاقة الحراريَّةِ للمَنازِل والمَباني الأُخرى.



◄ تَسْتَهْلِكُ الأَنوارُ في هذا الشارعِ طاقةً بِمُعَدَّلٍ يُكافِئُ تقريبًا إحراقَ طُنٍّ من الفَحْمِ في الدَّقيقة. إنَّه من العَسيرِ إحلالُ الوُقُدِ المُتَجَدِّدة مَحلَّ الوُقُدِ الأُحفوريَّة بالكامِلِ، لذا يَنْبَغي استِهْلاكُ تلك الوُقُد بطرائقَ أكثَرَ اقتِصاديَّةً في المُسْتَقبل.

أُنْظُر أيضًا

النِّفْطُ والتكرير ص 210 – 211
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213
مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل ص 224 – 225
الكَهْرباء ص 338 – 339
خلايا القُدْرة ص 357
الطَّاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458 – 459

إنْتِقالُ الحَرارة

تَنْتَقِلُ الطاقةُ الحراريّةُ بالتَّوصيلِ أو الحَمْلِ أو الإشعاع. ويَجْري هذا الانْتِقالُ من مِنْطقةٍ عاليةِ درجةِ الحرارة إلى مِنْطقةٍ خفيضةِ درجةِ الحرارة.



خِلالَ النَّهار، يكونُ البَرُّ أسْخَنَ من البَحْر.



خِلالَ اللَّيْل، يكونُ البَحْرُ أسْخَنَ منَ البَرّ.

أنسامُ البَحْر تُسَبِّبُها تيّاراتُ الحَمْلِ (الحراريّ) - إذْ يرتَفِعُ الهواءُ السَّاخِنُ فوقَ البَرّ ويَحُلُّ مَحلَّه هواءُ البَحْرِ الأبْرَدُ الأثْقَلُ.

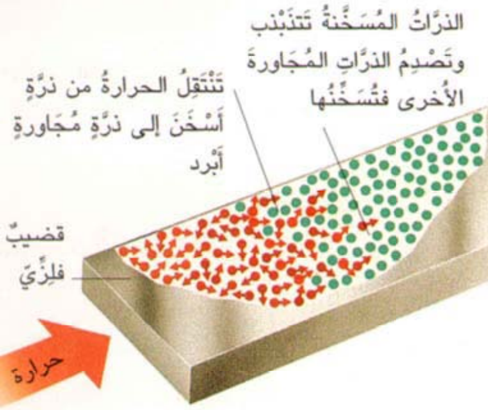
إحدى خَصائصِ الطاقةِ الحراريَّةِ هي أنَّها تَسْري من الأَجْسامِ الأَسْخنِ إلى الأَجْسامِ الأَبْرد. فإذا وُضِعَ شَرابٌ ساخِنٌ درجةُ حرارتِه 80°س في غُرفةٍ درجةُ حرارتِها 25°س، فإنَّ الشَّرابَ سَيَبْرُدُ تَدْريجيًّا إلى 25°س. وفي الوقْتِ نَفْسِه، سَتَزْدادُ قليلًا درجةُ حرارة الهواء في الغُرفة.

تَوصيلُ الحرارة

التَّوصيلُ يَنْقُلُ الحرارةَ عَبْرَ جِسْمٍ مّا حتّى تَتساوى درجةُ الحرارةِ عَبْرَه. غَطِّسْ مِلْعقةً فلزِّيَّةً في شَرابٍ ساخِنٍ وسترى أنَّ مِقْبَضَها سُرعانَ ما يَحْمو. فالسَّائلُ الساخِنُ يُحْمِي جُزْءَ المِلْعقةِ المَغْمورَ في الشَّراب. وهذا يَزيدُ طاقةَ الحَرَكة في ذرّاتِ ذلك الجُزْء، ويَجْعَلُها تَتذَبْذبُ بِقُوَّةٍ أشَدَّ. فتَرْتَحِلُ الحرارةُ صُعُدًا نحو مِقْبَضِ المِلْعقة بفِعْلِ تَصادُمِ الذرَّاتِ المُتَذَبْذِبةِ مع الذرَّاتِ المُجاورةِ وجَعْلِها تَتذَبْذبُ بِقُوَّةٍ أشَدّ.

الحَمْل (الحراريّ)

الحَمْلُ يَنْقُلُ الحرارةَ عَبْرَ السَّوائلِ والغازات، كما يَحْدُثُ في حُمُوِّ غَلّايةٍ من الماء فوقَ مَوقِدٍ. مَصْدرُ الحرارة يُحْمِي الماءَ في أسْفلِ الغَلّايةِ بالتَّوصيل. ومع سُخونةِ هذا الماء، يَتمدَّدُ وتَقِلُّ كثافتُه، فيَرْتفِعُ مُفْسِحًا المَجالَ للماءِ الأبْرَدِ الأكْثرِ كثافةً. ثُمَّ لا يَلْبَثُ الماءُ الأبْردُ أنْ يَسْخُنَ فيَغْدو أقَلَّ كثافةً ويرتَفِعُ بدَوره - وبذلك تتواصَلُ عمليَّةُ الحَمْلِ (الحراريّ).



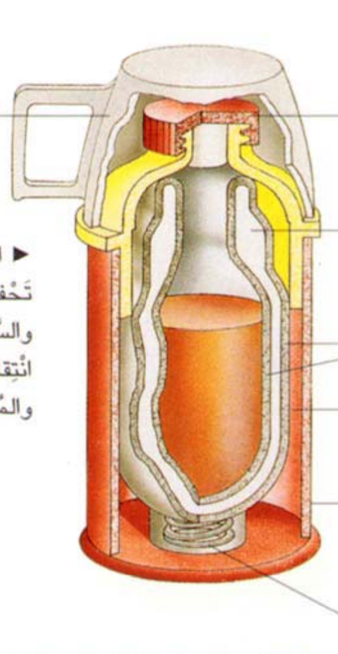
تَسْري الحرارةُ من جُزْءِ الجِسْمِ الجامِدِ السَّاخِنِ إلى جُزْئِه البارد. الذرَّاتُ المُتذَبْذِبةُ بِسُرعةٍ في الجُزءِ السَّاخِنِ تُسَرِّعُ تَذَبْذُباتِ الذرّاتِ المُجاورةِ الأبْردِ والأبْطأ.

إشْعاعُ الحرارة

الإشعاعُ هو انْتِقالُ الحرارةِ في خُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ عَبْرَ الفَضاءِ الخالي. وبهذه الكيفيَّةِ يُمكِنُ الإحساسُ بحرارةِ المِشْعاع دُونَ لَمْسِه. هذا النَّمَطُ من سَريانِ الطاقة يُسَمَّى أيضًا انْتِقالَ الطاقة الإشعاعيَّة؛ ويَتِمُّ بواسِطةِ الأشِعَّةِ دون الحمراء.

كُلُّ الأَجْسامِ تَبْتَعِثُ طاقةً إشعاعيَّةً. وكُلَّما ازدادتْ سُخونةُ الجِسْمِ يَزْدادُ ابتِعاثُه للطاقةِ الإشعاعيَّة. أمَّا الجِسْمُ الأبْردُ من مُحيطِه، فهُوَ يَسخُنُ لأنَّه يَتلَقّى من الأشِعَّةِ دون الحمراء أكثَرَ مِمَّا يَبْتَعِثُ. والمَعْروفُ أنَّه على دَرجاتِ الحرارةِ الأعلى يَزْدادُ مَدى تَرَدُّد الإشعاعات.





► القارورةُ الخَوائيَّةُ (التِّرْمُوس) تَحْفظُ السَّائلَ السَّاخِنَ ساخِنًا - والسَّائلَ البارِدَ بارِدًا - بِخَفْضِ انْتِقالِ الحرارة بين مُحْتوياتِها والمُحيطِ إلى حَدِّه الأقصى.



◄ الكيميائيُّ والفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس دِيوَار (1842 - 1923)، ابتَكَرَ القارورةَ الخَوائيَّةَ، التي تُسَمَّى غالبًا قارورةَ دِيوَار أو التِّرْمُوس.

فَتيلةُ مِصْباح الإنارة تَتوهَّجُ على درجةِ حرارةِ الابيضاض حوالَى 2000°س، لأنَّ تردُّدَ بعضِ إشعاعاتِها يَتجاوزُ تردُّداتِ الأشِعَّةِ دونَ الحمراء.

ظواهِرُ وآثارُ انْتِقال الحرارة

عندما يكونُ الطَّقْسُ حارًّا ومُشْمِسًا، فإنَّ الملابِسَ الفاتحةَ الألوان تُساعِدُ الناسَ في تَفادي الحَرّ - إذ إنَّها تعكِسُ ضوءَ الشَّمْس وتَمْتَصُّ كمِّيَّاتٍ من الطاقةِ الإشعاعيَّةِ أقلَّ من الألوان الدَّاكِنة. والأَجْسامُ الداكِنةُ أيضًا تَبْعثُ طاقةً إشعاعيَّةً أكثرَ مِمَّا تَبْعثُه الأَجْسامُ الفاتحةُ اللَّون على دَرجةِ الحرارة نَفْسِها. لذا تُطْلَى مُشِعَّاتُ السيَّارات ومَاطوراتُ التَّبريد في قَفا الثلاَّجات باللَّوْنِ الأَسْود، فيُساعدها ذلك في فَقْدِ الحرارة بالشَّعِّ الأَسْرع.

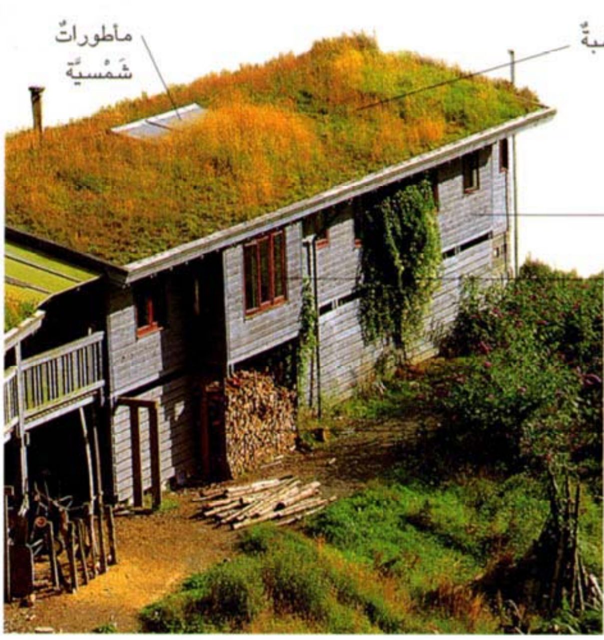
حينَ تَتَناول قِطعةَ كَعْكٍ وقارورةَ لَبَن من الثلاَّجة، فإنَّ مَلْمَسَ الكَعْكةِ لا يَبْدو باردًا كقارورةِ اللَّبن؛ وهُما على درجةِ الحرارةِ نفسِها. ذلك لأنَّ الحرارة تَسْري من اليَدِ إلى القارورة بِسُرعَةٍ تفوقُ سُرعةَ سَرَيانِها إلى الكَعْكة. القارورةُ مُوَصِّلٌ أفضلُ للحرارة من الكَعْكة، لذا تَبْرُدُ اليَدُ بِسُرعَةٍ أكثر. قِطعةُ الكعكِ تَتخَلَّلُها فقاقيعُ الهواءِ الدَّقيقة؛ والهواءُ عازِلٌ جَيِّدٌ للحرارة فَيُخَفِّضُ سُرْعةَ انْتِقالِ الحرارة من اليَد.

العَزْلُ الحَراريّ

من الضروريّ أحيانًا مَنْعُ انتِقالِ الحرارة من مكانٍ إلى آخَر. فالطُّيورُ تَنْفُشُ ريشَها في الشِّتاء، كما الناسُ يَرْتَدون طَبَقاتٍ إضافيَّةً من المَلابِس، لِاحتِباسِ طَبَقةٍ عازِلةٍ من الهواء حَوْلَ أَبدانِهم. والطَّبَّاخون يُمْسِكون الأَطْباقَ السَّاخِنَةَ بِقطعةٍ من القُماش تَعْزِلُ الحرارةَ عن أَيْديهم. الفلِزّاتُ مُوَصِّلاتٌ جَيِّدةٌ للحرارة، لأنَّها تَحْوي إلكترونات حُرَّةَ الحَرَكةِ يُمْكِنُها نَقْلُ الطاقةِ الحراريَّة. اللَّدائنُ والزُّجاجُ والفخَّاريَّاتُ كُلُّها مُوَصِّلاتٌ رَديئةٌ للحرارة. وهذا يَجْعَلُها مَوادَّ جَيِّدةً لِصُنْعِ حاوياتٍ عازِلةٍ للأَشْربةِ والمآكِلِ السَّاخِنَة.

المَوادُّ الحَديثة

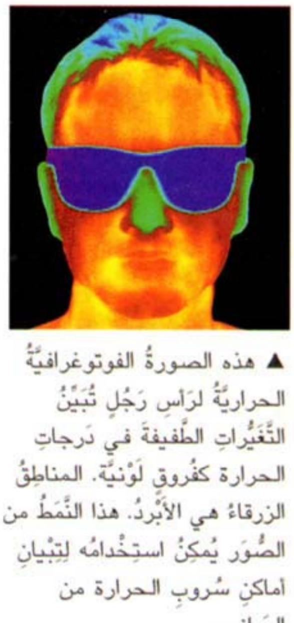
الأكوابُ في مَكِناتِ الأَشْربةِ، والأوعيةُ من متاجِرِ المآكِلِ الجاهِزَة، تُصْنَعُ غالبًا من البوليسْترين الرَّغاويِّ المُمَدَّد. هذه المادَّةُ تتألَّفُ من فقاقيعَ لدائنيَّةٍ دقيقةٍ؛ فيعمَلُ الغازُ بداخلِها كعازِلٍ حراريّ. أحيانًا تُسْتَخْدمُ الرُّغاوةُ اللَّدائنيَّةُ في عَزْلِ الجُدْران الجَوفاءِ لأَنَّها تَمْنَعُ الحَمْلَ (الحراريّ) بواسِطةِ الهواءِ في الفُسْحةِ بين الجِدارَيْن. والمُنْقَذونَ من السُّفن أو القوارِبِ المُنقَلبة في البَحْر، يُلَفُّون بِبَطّانيّاتٍ رَغاويَّةٍ مَرِنَةٍ مُغَطّاةٍ بطَبَقةٍ رقيقةٍ من الألومنيوم اللمَّاع. فالبِنْيَةُ الرغاويَّةُ تُخَفِّضُ الفَقْدَ الحراريَّ، والسَّطْحُ الألومنيوميُّ يَعْكِسُ داخِلَه الطاقةَ الإشعاعيَّةَ عَودًا إلى جِسْمِ الشَّخص المُنْقَذ. والسَّطْحُ الخارجيُّ اللمَّاعُ يُخَفِّضُ فَقْدَ الحرارةِ بالإشعاع.



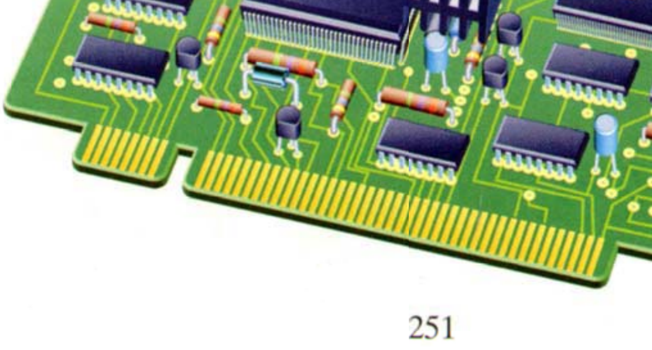
هذا المَنْزِلُ عالي الكِفايةِ طاقيًّا - فسَقْفُه وجُدْرانُه جَيِّدةُ العَزْل، بالإضافةِ إلى نوافِذَ صَغيرةٍ تُخَفِّضُ الفَقْدَ الحراريّ. وهو يَسْتَخدِمُ طاقةً شَمسيَّةً مُستَدامةً ووَقُودًا مُتَجَدِّدًا من الحَطَب.



▲ الاحتِكاكُ بالهواء يَرْفَعُ درجةَ حرارةِ هَيْكَلِ المَكُّوك الفَضائيّ إلى 1500°س أثناءَ عَودتِه إلى جَوِّ الأرض. لكِنَّ الطَبَقةَ الخارجيَّةَ من البَلاطِ الخَزَفيِّ العازِلِ تَقِي مَقْصُورةَ الرُّوَّاد من فَرْطِ الإحماء.



▲ هذه الصورةُ الفوتوغرافيَّةُ الحراريَّةُ لرَأسِ رَجُلٍ تُبَيِّنُ التَّغَيُّراتِ الطَّفيفةَ في دَرجاتِ الحرارة كفُروقٍ لَوْنيَّة. المناطِقُ الزرقاءُ هي الأَبْرَدُ. هذا النَّمَطُ من الصُّوَر يُمكِنُ استِخْدامُه لِتِبْيانِ أماكِنِ سُروبِ الحرارة من المَباني.



اللَّوحُ الرئيسيُّ لِدارةِ الحاسُوبِ الكهربائيَّةِ يَسْخُن بمُرورِ الإشاراتِ الكَهْربائيَّةِ عَبْرَ مُعالِجِه. العديدُ من المُعالِجاتِ مُزَوَّدٌ بِمَراوِحَ تَبريد؛ لكِنَّ بعضَها يَحْوي بَواليعَ حراريَّةً ذاتَ جُنَيْحاتٍ فِلِزِّيَّةٍ تُبَدِّدُ حرارةَ المُعالِج. هذه الجُنَيْحاتُ تُوَفِّرُ مِساحةً سَطْحيَّةً كبيرةً للتَّماسِّ مع الهواءِ المُحيط، الذي يَحْمِلُ الحرارةَ المُبَدَّدةَ بَعيدًا عن المُعالِج.

اُنْظُر أيضًا

الذرَّات ص 150 - 151
خَصائصُ الفلِزّات ص 196 - 197
اللَّدائن ص 216
المَوادُّ الجَديدة ص 217

مَنْظوماتُ التَّدْفئة والتَّبْريد

مَنْظوماتُ التَّدْفئةِ تُضْفي حرارةً على الأَجْسامِ والأَماكِنِ لِتُبْقيها على درجةِ الحرارةِ المَطلوبة. أمّا مَنْظوماتُ التَّبْريد فتَقومُ بإزالةِ الحرارةِ الزائدة.

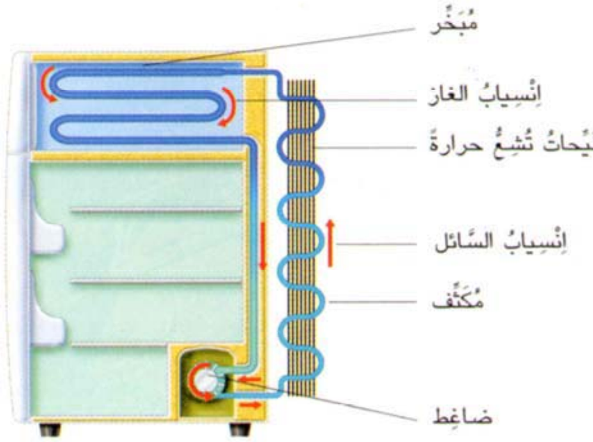


كانَ الفَحْمُ مَصْدرَ الحرارةِ الأوْسَعَ استِخْدامًا في الثَّورةِ الصِّناعيَّةِ أوائلَ القَرْنِ التاسعَ عَشَر. فكان يُسْتَخْدَمُ وَقودًا لِلْمُحَرِّكاتِ البُخاريَّةِ التي تُسَيِّرُ المكِنات؛ وكذلك لتَوفيرِ الطاقةِ الحراريَّةِ لِتَصْنيعِ الحديدِ والفُولاذ. وكان دُخانُ الفَحْمِ السَّبَبَ الرئيسيَّ لِلتَّلَوُّثِ في المُدُنِ والمَناطِقِ الصِّناعيَّة.

يُحِسُّ البَشَرُ بالرّاحةِ مُناخِيًّا عندما تكونُ درجةُ الحرارة حوالى 25°س. وتبَعًا لذلكَ الوَقْتِ من النَّهار أو الفَصْلِ من السَّنة، فإنَّ مناطق كثيرةً من العالَم تكونُ أَحْمَى أو أبْرَدَ من درجةِ الحرارة هذه. مَنْظوماتُ التَّدْفئة تُوَلِّد حرارةً فترَفَعُ درجةَ حرارة الأَجسامِ والأماكِنِ الباردة. أمّا مَنْظوماتُ التَّبْريد فتُزيلُ الحرارة. وهي غالبًا ما تُرَكَّبُ كمُلحقاتٍ في المَكِناتِ كي تُزيلَ الحرارةَ المُتَبَدِّدةَ الناتِجةَ عن تَشْغيلِ المَكنةِ ولتَمْنعَ الضَّررَ الذي قد يُسَبِّبُه فَرْطُ الإحماء. وَحَداتُ التَّسْخينِ الصِّناعيَّةُ تُزَوِّدُ العمليّاتِ التَّصْنيعيَّةَ بالطاقةِ الحراريَّة.

التَّدفئة

إحدى وَسائل تَوليد الحرارة هي إيقادُ نار. فاحتِراقُ الوَقُودِ يَبْتَعِثُ طاقةً حراريَّةً. وقد استَخْدَمَ الناسُ، منذُ القِدَم، حطَبَ الوَقْدِ لِطَبْخِ مآكِلِهم وتَدفِئةِ أنفُسِهم. ومنذُ حوالى 300 سنة صارَ الحُصولُ على الفَحْمِ أيْسَر، فبَدأَ يأخُذُ مكانَ الحطَبِ كوَقُودٍ أساسيّ. وكانَ لِكُلِّ مَنْزِلٍ كبيرٍ مُصْطَلًى ومَدْخنةٌ في كُلِّ غُرْفة. بالمُقارنة، فإنَّ مَنْظومةَ التدفئةِ المَرْكزيَّة الحديثةَ لها مَصْدرٌ واحدٌ للحرارة فقط تُنْقَلُ منه الحرارةُ إلى كُلِّ غُرْفةٍ في المَنْزل بِواسِطةِ أنابيبَ تَحْوي الماءَ السّاخِنَ أو البُخارَ أو الهواءَ السّاخِن.

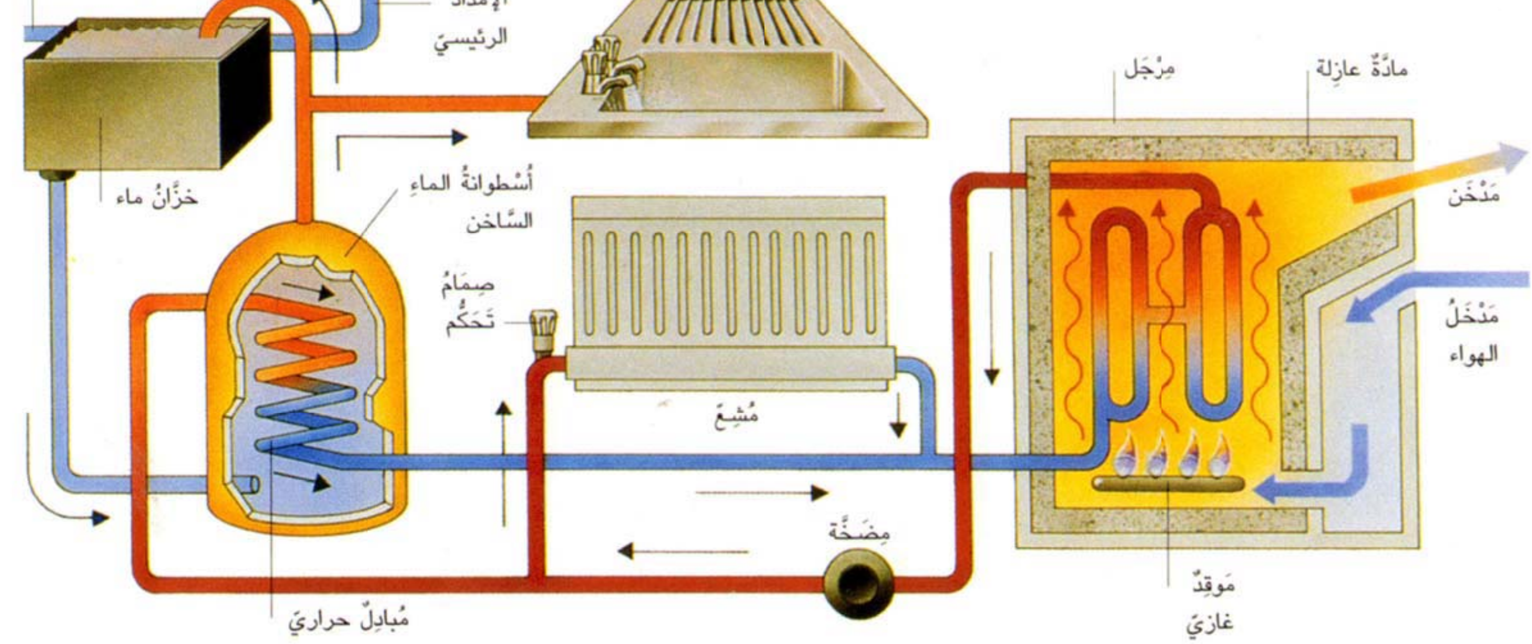


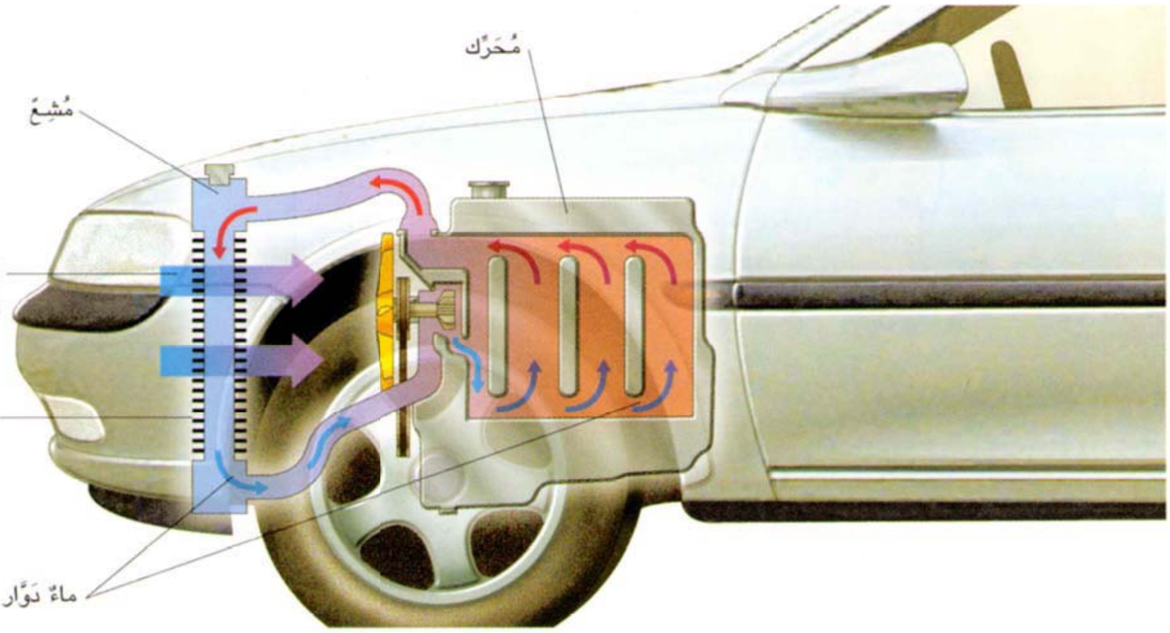
المُبَرِّدُ السائليُّ يَمْتَصُّ الحرارةَ عندما يَتَبَخَّرُ داخِلَ مِلَفِّ المُبَخِّر في الثلّاجة. ثُمَّ تُطْلَقُ الحرارةُ عندما يُحَوِّلُ الضاغِطُ المُبَرِّدَ إلى سائلٍ مُجَدَّدًا في مِلَفّاتٍ خارج الثلّاجة.

مِضَخّاتُ الحرارة للتَّبْريد

الجِسْمُ لا يَبْرُدُ طبيعيًّا إلّا إذا كانَ أسخَنَ من درجةِ حرارة المُحيط – أي دَرجةِ الحرارة المُكْتَنِفة. الثلّاجاتُ تَحْفظُ المآكِلَ على درجةٍ حوالى 4°س، والمُجَمِّداتُ تعمَلُ على درجةٍ حوالَى – 15°س. وكلا نَمطَي هاتَيْن النَّبيطتَيْن تَحْفظُ دواخِلَها باردةً بِضَخِّ الحرارةِ من الدّاخلِ إلى الوسَطِ المُحيط. فالأنابيبُ بداخلِها تَحْوي سائلًا مُتَطايرًا، سريعَ التبَخُّر، يُسَمَّى المُبَرِّد. هذا المُبَرِّدُ يَمْتَصُّ الحرارةَ أثناءَ تَحوُّلِه إلى غازٍ في مِلَفِّ المُبَخِّرِ داخلَ حُجْرةِ التَّبْريد. ثُمَّ تقومُ مِضَخَّةٌ كهربائيَّةٌ بِضَخِّ الغازِ إلى داخلِ مِلَفٍّ آخَرَ مُرَكَّبٍ خارجَ حُجْرةِ التَّبْريد. والضَّغْطُ يُسَبِّبُ تَحَوُّلَ المُبَرِّدِ إلى سائلٍ ساخِنٍ، يَبْتَعِثُ الحرارةَ إلى المُحيطِ حوالَيه.

في مَنْظومةِ التَّدفئةِ المَرْكَزيَّة هذه، يَحْرِقُ فُرْنُ الوَقودِ لِتَسْخينِ الماءِ في المِرْجَل. وتَدْفَعُ مِضَخَّةُ الماءَ السّاخِنَ عَبْرَ انابيبَ مُتَّصِلةٍ بالمُشِعّاتِ في كُلِّ غُرفة. ويُسَخِّنُ الماءُ من المِرْجَل أيضًا أُسْطُوانةَ الماءِ السّاخِن؛ ثُمَّ يَعودُ الماءُ المُبَرَّدُ إلى المِرْجَل.





مَنْظومةُ تَبْريد السيّارة تُبْقي أجزاءَ مُحَرِّكِها الرئيسيَّةَ على دَرجةِ حوالَى 80°س. المِضَخَّةُ تُدَوِّرُ الماءَ عَبْرَ المُحَرِّك، ومن ثَمَّ عَبْرَ أنابيبِ المُشِعّ. جُنَيْحاتُ التَّبْريد الفِلِزِّيَّةُ، على أنابيبِ المُشِعّ تُساعِدُ في نَقْلِ الحرارةِ بالتوصيل من الماءِ داخِلَ الأنابيب.

مِضَخّاتُ الحرارة للتَّدْفئة

بعضُ المَباني الحديثة تُدَفَّأُ بِمِضَخّاتِ حرارةٍ تعمَلُ بطريقةٍ مُماثِلَةٍ لِمِضَخّاتِ الحرارة في الثلّاجات. فَيُرَكَّبُ مِلَفُّ المُبَخِّر خارجَ المَبْنَى. هذا المِلَفُّ يَمْتَصُّ الحرارةَ من الهواء أو من الأرض، وتُطْلَقُ هذه الحرارةُ في مِلَفّاتٍ مُكَثِّفٍ داخِلَ المَبْنَى. ويُقَدَّرُ أنّه لِكُلِّ وَحْدةِ طاقةٍ تُستَهْلَكُ لإمدادِ الضاغِطِ بالقُدْرة، تُطْلَقُ خَمْسُ وَحداتٍ من الطاقةِ الحراريَّة، على الأقَلِّ، داخِلَ المَبْنَى. وفي الطَّقْسِ الحارِّ يُعْكَسُ اتِّجاهُ الضَّخِّ فيُبَرَّدُ المَبْنَى.

الحرارةُ المَهْدورةُ والمُحَرِّكات

المُحَرِّكاتُ مَكِناتٌ تُحَوِّلُ طاقةَ الوَقُودِ الكيماويَّةَ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة. ومُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزِل التي تَدْسُرُ المَرْكباتِ مثالٌ على ذلك. هذه المُحَرِّكاتُ تُحَوِّلُ حوالَى ثُلْثِ طاقةِ الوَقُودِ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّةٍ مُفيدة – فيما يُبَدَّدُ ثُلُثا هٰذه الطاقةِ كحرارةٍ مَهْدُورة. وهٰذه الحرارةُ يَنْبغي إزالتُها لِمَنْعِ درجةِ حرارةِ المُحَرِّك من أنْ تَرْتَفِعَ إلى درَجةِ الخَطَر. فعَلى دَرجاتِ حرارةٍ أعلى من درجةِ حرارةِ التَّشْغيل العاديَّة تَتفكَّكُ زُيوتُ التَّزْليق، وتَسْحَلُ أجزاءُ المُحَرِّكِ الدوّارةُ بَعْضُها بَعْضًا وتَتَعَطَّل.

التَّبْريدُ الهوائيُّ والمائيّ

مُحَرِّكاتُ الدرّاجاتِ الناريَّةِ هَوائيَّةُ التَّبْريدِ عادةً. فهي مُغَطّاةٌ بِجُنَيْحاتِ تَبْريدٍ فِلِزِّيَّةٍ ذاتِ مِساحةٍ سَطْحيَّةٍ كبيرة. يَنْدفِعُ الهواءُ عَبْرَ هذه الجُنَيْحاتِ ويُبَرِّدُها، فتَنْقُلُ مَزيدًا من الحرارةِ بعيدًا عن دواخلِ المُحَرِّك. المُحَرِّكاتُ الأكبَرُ يَجِبُ تَبْريدُها مائيًّا للتخَلُّصِ من الحرارةِ التي تُوَلِّدُها. فتَدْفَعُ مِضَخَّةُ الماءَ عَبْرَ مَنْظومةٍ من القَنوات التي تُحيط بالأُسْطُوانات حيثُ يَحْترِقُ الوَقُود. الحرارةُ المَهْدورةُ تُسَخِّنُ الماءَ، الذي يَمُرُّ بعدئذٍ عَبْرَ أنابيبَ رفيعةٍ في المِشْعاع. المِرْوحةُ تَنْفُخُ هواءً بارِدًا بين أنابيبِ المِشْعاع وهذا يُبَرِّدُ الماءَ قبْلَ انْسِيابِه عائدًا إلى داخلِ المُحَرِّك.

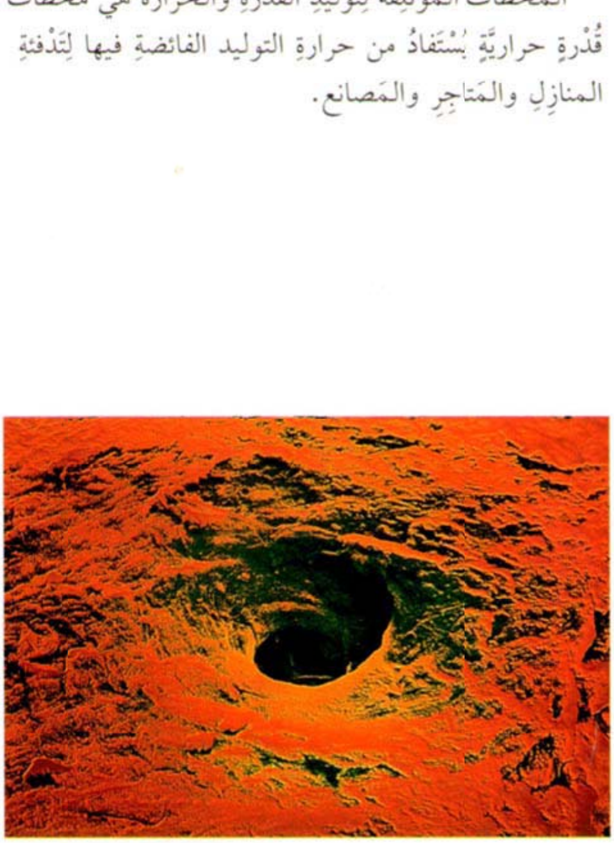
استِخْدامُ الحرارة المَهْدورة

تُزَوَّدُ مُعظمُ السيّارات بِسَخّانٍ لِتَدْفِئةِ السّائقِ والرُّكّاب في الطَّقْسِ البارِد. فالماءُ السّاخِنُ من مَنْظومةِ التَّبْريدِ في المُحَرِّك يَمُرُّ عَبْرَ أنابيبِ مِشْعاعٍ صَغير. فيما تَدْفَعُ المِرْوحةُ الهواءَ حوْلَ الأنابيب إلى داخلِ حُجَيْرة الرُّكّاب.

المَحَطّاتُ المُؤتَلِفَةُ لِتَوليدِ القُدْرة والحرارة هي مَحَطّاتُ قُدْرةٍ حراريَّةٍ يُسْتَفادُ من حرارةِ التوليد الفائضةِ فيها لِتَدْفئةِ المنازِلِ والمَتاجِرِ والمَصانع.



الشبكةُ الأُنبوبيَّةُ في هذه المَحطَّةِ المُؤتَلِفَة لِتَوليد الحرارة والقُدْرة تَنْقُلُ مَهْدورَ البُخارِ والماءِ السّاخِنِ من تَوليدِ الكهرباء لِتُوفِّرَ الحرارةَ للمَنازِلِ والمَباني الأُخرى المُجاوِرة. هذا بينَما تَفْقِدُ مَحَطّاتُ توليد القُدْرة الأُخرى هذه الحرارةَ إلى البيئة عُمومًا عَبْرَ أبراجِ التَّبْريد.



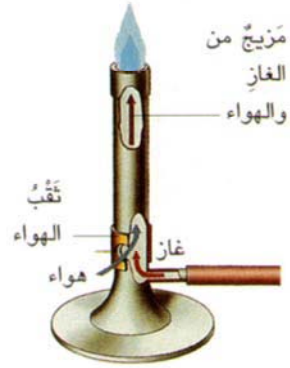
ألوفُ المَسام العَرَقيَّةِ البَشَريَّةِ تَرْتَشِحُ عَرَقًا على الجِلْد عندما تَرْتَفِعُ حرارةُ الجِسْم. وبِتَبَخُّرِ العَرَقِ تُزالُ الحرارةُ ويُبَرَّدُ الدَّمُ الدائرُ تحتَ الجِلْد.

أُنْظُر أيضًا

الجِلْدُ والشَّعْرُ والأظافر ص 100 – 101
اِنْتِقالُ الحرارة ص 250 – 251

الاِحْتِراق

الاِحْتِراقُ تفاعُلٌ كيماويٌّ بينَ وَقُودٍ جامدٍ أو سائلٍ أو غازيٍّ، مع الأُكسجين (غالبًا أُكسجين الهواء) يُصْدِرُ الطاقةَ كحرارةٍ مُرْفَقةٍ بالضوءِ أحيانًا.



المَخْروطُ الداخليُّ الأَزرقُ من لَهَبِ حاروقِ بَنْزِن هو مَزيجٌ من الغازِ والهواء. وبإغلاقِ ثَقْبِ الهواءِ يُصْبِحُ اللَّهَبُ أصفرَ زاهيًا.

عندما يَحْترِقُ الوَقُودُ تَنْفَلِقُ جُزَيئاتُه إلى ذرّاتٍ تتّحِدُ بالأُكسجين مُكَوِّنةً جُزَيئاتٍ أُخرى. الوُقُدُ في مُعْظَمِها هِدْروكَرْبونات، كالميثان، لـ هـ$_4$ «CH_4». وهي تَحْترِقُ في الهواء، الذي يؤلِّف الأُكسجينُ حوالى 21 بالمئة منه، مُكَوِّنةً، بالاحتراقِ الكامِل، ثاني أُكسيد الكربون، ك أ$_2$ «CO_2»، وبخارَ الماء، هـ$_2$أ «H_2O».

وإذا كانَ مَدَدُ الأُكسجينِ مَحْدودًا، فإنَّ مُنْتَجاتِ الاحتِراقِ تَشْمَلُ غازَ أوَّل أُكسيد الكربون السّامّ، ك أ «CO»، والسِّناجَ - الذي هو شَكْلٌ من الكربون.

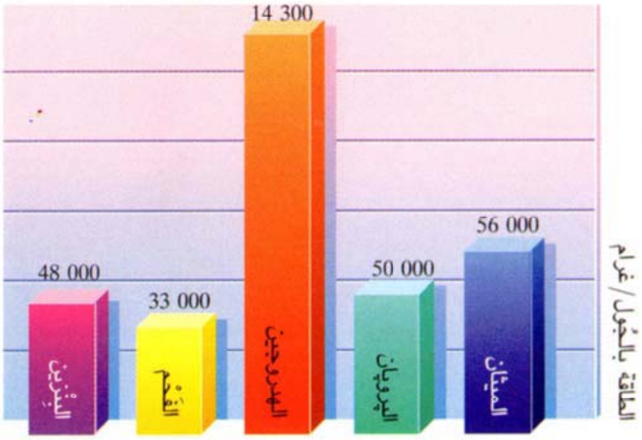
تَحْترِقُ الوقُدُ في الأُكسجينِ النَّقِيِّ بعُنْفٍ. فمَزيجٌ من غازِ الإيثاين، لـ$_2$ هـ$_2$ «C_2H_2»، والأُكسجين يَحترِقُ رافعًا درجةَ الحرارةِ إلى 3300°س - وهي من السُّخونةِ بحيثُ يُمكِنُ فيها صَهْرُ الفُولاذِ ولِحامُه.

عمليَّةُ الاحتِراق

يَنْبغي إحماءُ مَزيجِ الوَقُودِ والهواءِ إلى درجةِ حرارةٍ مُعَيَّنةٍ تُسَمَّى درجةَ حرارةِ الاشتِعال. وتَعتَمِدُ درجةُ الحرارة الدُّنيا للاشتِعال على نوعِ الوَقُود. عندما تُشْعِلُ شَرارةٌ حاروقًا غازيًّا، تُفكِّكُ حرارتُها جُزَيئاتِ الوَقُودِ وجُزَيئاتِ الأُكسجين إلى ذرّات. فتُعاوِدُ هذه الذرّاتُ الاتِّحادَ تاليًا - مُكَوِّنةً مُنْتَجاتِ الاحتِراق. والحرارةُ الناتِجةُ عن هذا التفاعُل تُفَكِّكُ جُزَيئاتٍ أُخرى من الوَقُودِ والأُكسجين تتفاعَلُ معًا مُطْلِقةً مَزيدًا من الحرارةِ تَسْتَمِرُّ بها عمليَّةُ الاحتِراق.



يَنْصَهِرُ شَمْعُ الشُّموعِ بيُسْرٍ مُكَوِّنًا تَجَمُّعًا من الشَّمْعِ الصَّهيرِ حولَ الفَتيلة. الفِعْلُ الشَّعْريُّ يَسْحَبُ الشَّمْعَ صُعُدًا عَبْرَ الفَتيلة؛ وحرارةُ اللَّهَبِ تُبَخِّرُه، فيَحْترِقُ وهو يَمْتَزِجُ بالهواء. جُسَيْماتُ الكربونِ المُتَوَهِّجةُ هي التي تجعَلُ اللَّهَبَ أصفرَ زاهيًا.



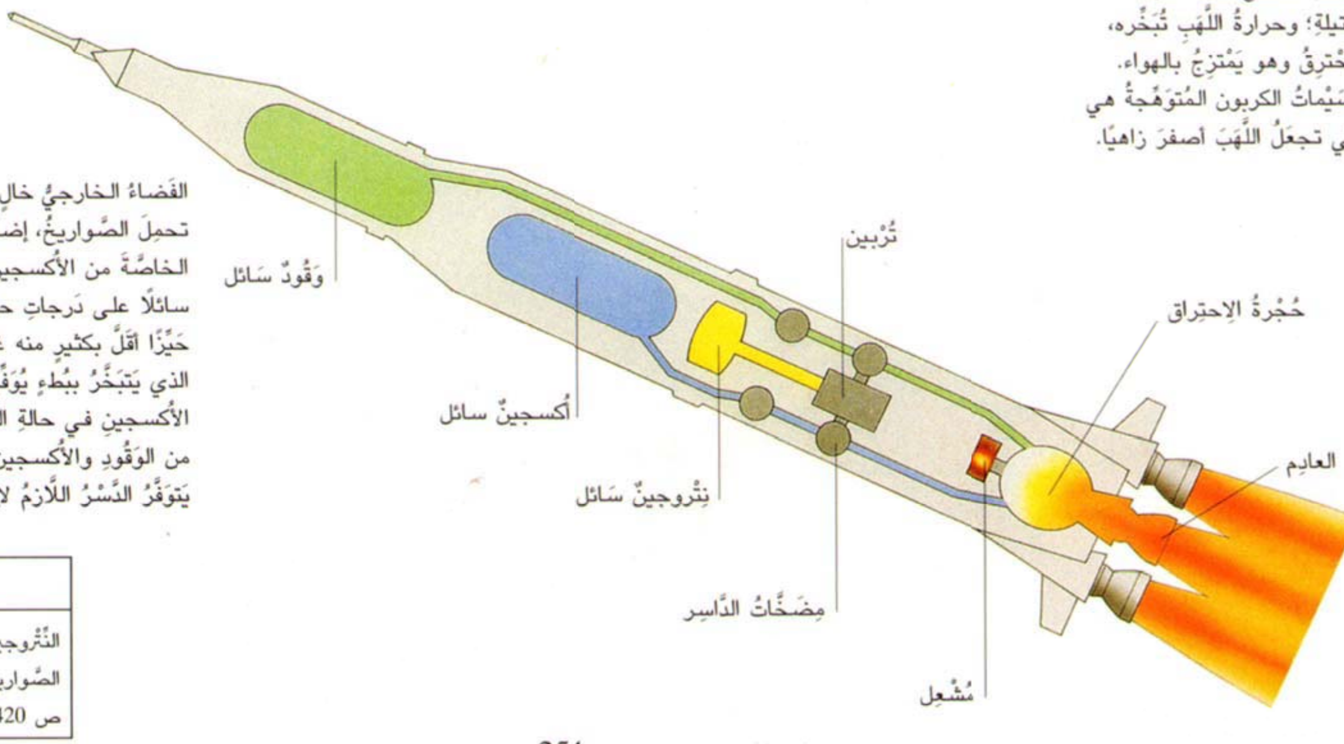
تُطْلِقُ الوقُدُ المُخْتَلِفةُ كمّيّاتٍ مُتَبايِنةً من الطاقة أثناءَ احتِراقِها. وتُقَوَّمُ هذه الطاقة لِوَقُودٍ مُعيَّنٍ بمُقارَنةِ كمِّيَّةِ الطاقة المُنْبَعِثةِ بإحراقِ غرامٍ واحدٍ من ذلك الوَقُود.

الوُقُدُ الغازيَّةُ والسّائلةُ والجامِدة

تُسْتَخْدَمُ أنماطٌ مُتَنوِّعةٌ من المَواقِدِ لِحَرْقِ غازاتِ الوَقُودِ كالميثان والبروپان. ومُعْظَمُ هذه المَواقِدِ تعمَلُ بالطريقةِ نَفْسِها كحاروقِ بَنْزِن المَخْبَريّ. يَدخلُ غازُ الوَقُودِ المَوقِدَ عَبْرَ ثَقْبٍ صغيرٍ يُسَمَّى المِنْفَث. ويَسْحَبُ انْدِفاقُ الغازِ الهواءَ معه مُكوِّنًا مَزيجًا لَهوبًا يحترِقُ عَبْرَ ثَقْبٍ أو أكثرَ في أعلى المَوقِد.

الوُقُدُ السّائلةُ، كالپرافين، يَنْبغي أنْ تَتَبَخَّرَ قبْلَ أنْ يُمكِنَها الاحتِراق. ففي مُحَرِّكاتِ الدِّيزل والمُحَرِّكاتِ النَّفّاثةِ والأَفرانِ الزيتيَّةِ الوَقْدِ يُرَذُّ الزَّيْتُ من ثُقوبٍ دَقيقةٍ فيتَبَخَّرُ بحرارةِ الاحتِراق ويَشْتَعِل.

الوُقُدُ الجامِدةُ، كالفَحْم والحَطَب، تَحْترِقُ بابتِعاثِها غازاتٍ لَهُوبةً عندما تُحْمَى. لذا يُلاحَظُ أنّ جُذاذاتٍ أو مَساحيقَ الوُقُدِ الجامدةِ تَحْترِقُ أسرعَ من كُتَلِها الأكبر.



الفَضاءُ الخارجيُّ خالٍ من الهواء، لذا يَنْبغي أن تحمِلَ الصَّواريخُ، إضافةً إلى الوَقُود، إمداداتِها الخاصَّةَ من الأُكسجين. يُخْتَزَنُ الأُكسجينُ سائلًا على درجاتِ حرارةٍ خَفيضةٍ مُشغِلًا حَيِّزًا أقلَّ بكثيرٍ منه غازًا. والنِّتْروجينُ السّائلُ الذي يَتَبَخَّرُ ببُطْءٍ يُوَفِّرُ التبريدَ اللّازمَ لإبقاءِ الأُكسجينِ في حالةِ السُّيولة. وباحتراقِ مَزيجٍ من الوَقُودِ والأُكسجين في حُجْرةِ الاحتِراق يَتوَفَّرُ الدَّسْرُ اللّازمُ لانطِلاقِ الصاروخ.

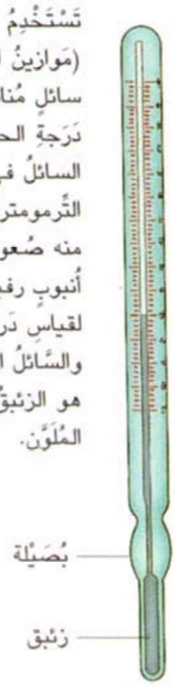
أُنْظُر أيضًا

النِّتْروجين والأُكسجين ص 171

الصَّواريخُ والمَكُّوكُ الفَضائيّ ص 420 - 421

التَّمَدُّدُ والتَّقَلُّص

تَتمَدَّدُ المَوادُّ بالإحماء – ويَزْدادُ حَجْمُها مع ارتفاعِ دَرجةِ الحرارة. وهٰذه الظاهِرَةُ عَكُوسَةٌ – أي إنَّ المَوادَّ تتقَلَّص بالتَّبريد.



تَسْتَخْدِمُ التِّرمومِتْراتُ (مَوازينُ الحرارة) تمَدُّدَ سائلٍ مُناسِبٍ لقِياسِ دَرَجةِ الحرارة. يُحفَظُ السائلُ في بُصَيْلَةِ التِّرمومتر، ويَتحَرَّكُ خيطٌ منه صُعودًا وهُبوطًا في أُنبوبٍ رفيعٍ مُدَرَّجٍ سُلَّميًّا لقِياسِ دَرجاتِ الحرارة. والسَّائلُ المُسْتَخْدَمُ غالبًا هو الزئبقُ أو الإيثانولُ المُلَوَّن.

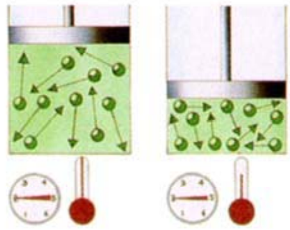
طاقةُ حَرَكةِ الجُسَيْماتِ في المادَّةِ وهي ساخِنَةٌ أَزْيدُ منها وهي بارِدَةٌ. وهذا يَعْني أنَّ الذرّاتِ أو الأيُوناتِ أو الجُزَيئاتِ التي تُؤلِّفُ المادَّةَ تَزْدادُ سُرعَةُ حَرَكتِها بارتفاعِ درجةِ الحرارة. وتَنْزِعُ هذه الحَرَكةُ إلى دَفْعِ الجُسَيْماتِ بَعيدًا بَعضِها عن بعض، فيَزْدادُ حَجْمُ المادَّة، وبالتالي تَقِلُّ كثافَتُها لأنَّ كُتلتَها غَدَتْ تَشْغَلُ حَجْمًا أكبَر.

الجوامِد

يَتمَدَّدُ قضيبٌ من الحديد، طولُه مِترٌ، بحوالَى جُزْءٍ من مئة من المليمتر لِكُلِّ ارتفاعِ درجة واحدة في حَرارتِه على مِقْياس سِلسْيُوس. أي إنَّ خَطَّ سِكَّةِ الحديد الذي طولُه كيلومِترٌ يَتمَدَّدُ بحوالَى 50 سنتيمترًا عندما يَعْقبُ نهارٌ حارٌّ جِدًّا لَيلةً باردةً جِدًّا. لذا، يَنْبَغي أنْ يُجْعَلَ لِقُضْبانِ خُطوط سِكَّةِ الحديد مَفاصِلُ مُنْزلِقَةٌ لِمَنْعِها من التَّحَدُّبِ والانبعاج. كذلك فإنَّ الإحماءَ السَّريعَ للأواني أو الأوعيةِ الزُّجاجيَّةِ الباردة أو التبريدَ السَّريعَ لها وهي مُحماةٌ يُمكِنُ أنْ يُسَبِّبَ تَشقُّقَها أو تكَسُّرَها نتيجةً لتمَدُّدِها أو تقَلُّصِها المُتفاوِت.

السَّوائل

على مَدى تغَيُّرٍ مُعَيَّنٍ في دَرجةِ الحرارة، تَتمَدَّدُ معظمُ السَّوائلِ أو تَتقَلَّص بِحوالى ألفِ مَرَّةٍ أكثرَ من الجوامد. لكِنَّ الماءَ يَشِذُّ عن ذلك بين درجةِ 4°س ودرجةِ الصِّفْر (درجةِ التجَمُّد) – إذْ يتَمَدَّدُ بانخِفاضِ دَرجةِ الحرارة. وهذا سَبَبُه تَغَيُّرٌ في بِنْيَتِه.



في حالِ ثُبوتِ الضَّغْط، مُضاعفةُ درجةِ الحرارة المُطْلَقة تُضاعِفُ حَجْمَ الغاز – هذه العَلاقةُ تُسَمَّى قانونَ شارْل.

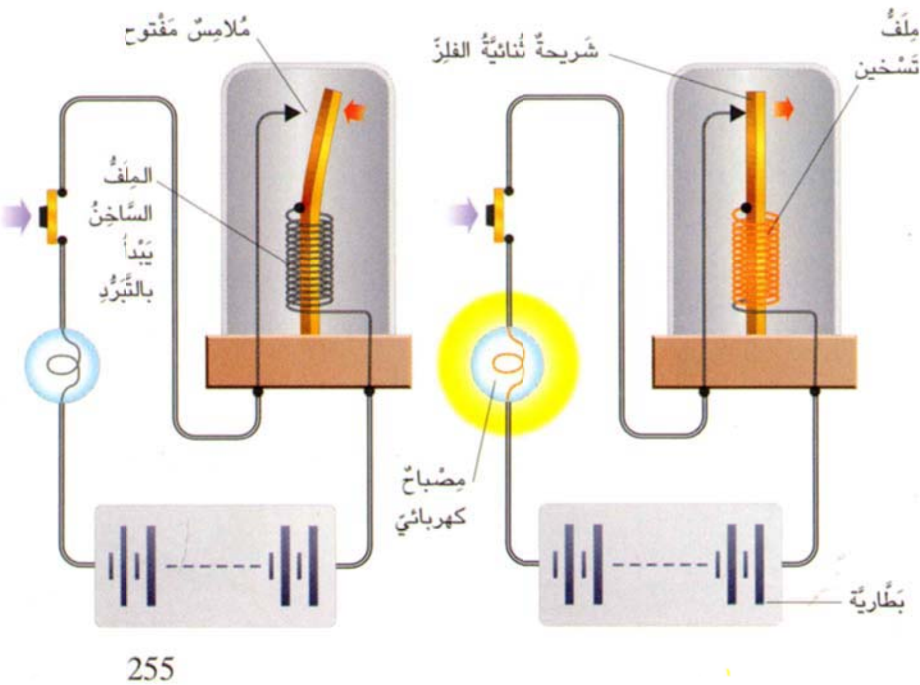


هذا الحدَّادُ يُبَرِّدُ الإطارَ الحديديَّ الذي ركَّبَه حولَ الدولاب بالماء. الإطارُ الحديديُّ الساخِنُ انطبقَ بِيُسْرٍ حولَ الدولابِ الخَشَبيّ؛ وهو عندما يَبْرُدُ يَتقَلَّصُ ويَشُدُّ الدولابَ بِتَلافُقٍ مُحكَم.

الغازات

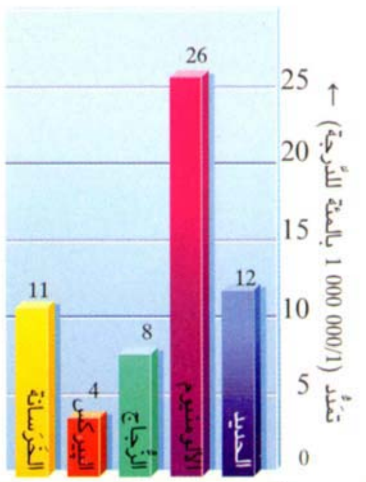
تَنْضغِطُ الغازاتُ بِسُهولةٍ أكثرَ من السَّوائلِ والجوامِدِ لِتَواجُدِ فَراغاتٍ أكثرَ بين جُسَيْماتِها. لذا، يُقاسُ حَجْمُ الغاز على ضَغْطٍ ثابتٍ – هو غالبًا مُعَدَّلُ الضَّغْط الجَوِّيّ على مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر. وفي هذه الحال، تَتمَدَّدُ معظمُ الغازاتِ بالقَدْرِ نَفْسِه لِكُلِّ ارتفاعِ درجة واحدة في حرارتِها. والواقع أنَّ حجمَ الغاز، في حالِ ثُبوتِ الضَّغْط، يَتناسَبُ طَرديًّا مع درجة حرارته المُطلقة (أي درجة حرارته فوق الصِّفر المُطْلَق -273°س). وتُسَمَّى هذه العلاقةُ قانون چي لوسَّاك.

مع تعاقُبِ النَّهارِ واللَّيل، يَسْخُنُ جَوُّ الأرض ثُمَّ يَبْرُدُ. فيَرتفِعُ الهواءُ السَّاخِنُ، الأقَلُّ كثافةً، ويَهْبِطُ الهواءُ البارِد. وحركةُ الهواءِ هذه تُسَبِّبُ هُبوبَ الرِّياح وتتحَكَّمُ في مَنْظوماتِ طَقْسِ المِنْطقة.



◄ لِتغَيُّرِ درجةٍ واحدةٍ على ميزان الحرارة، تَتمَدَّدُ الجوامِدُ وتَتقَلَّص بِمَقاديرَ مُتفاوتة. لذا يَنْبَغي لِلمُهَنْدسين اختيارُ المَوادِّ المُناسبة بعناية فائقة عندما يُصَمِّمون مَبْنًى أو مَكِنة.

► أنوارُ السيَّارةِ الوَمَّاضةُ تَسْتَخْدِمُ شرائحَ ثُنائيَّةَ الفلزّ – من فلزَّيْنِ يَتمَدَّدانِ بِمُعدَّلاتٍ مُختلِفة. فعِندَ إضاءَةِ النُّور، تَسْخُنُ الشَّريحةُ فتَنْثَني قاطِعَةً الدَّارةَ الكهربائيَّةَ التي تُسَخِّنُها. ثُمَّ تَبْرُدُ الشَّريحةُ فتَسْتعيدُ اسْتِقامتَها وتُغْلِقُ الدَّارةَ فتُضيءُ الصَّمَّجةُ مُجَدَّدًا.



أُنْظُر أيضًا

حالاتُ المادَّة ص 156 – 157
النظريَّةُ الحَرَاكيَّةُ ص 256
تَغَيُّراتُ الحالة ص 257

النظريَّةُ الحَرَاكيَّة

الحالاتُ الثَّلاثُ الطبيعيَّةُ للمادَّة هي الحالةُ الجامدةُ (الصُّلْبة) والحالةُ السائلة والحالةُ الغازيَّة. النظريَّةُ الحَرَاكيَّةُ تُعَلِّلُ خصائصَ هذه الحالاتِ الثَّلاث من حيثُ طبيعةُ الجُسَيْماتِ وحَرَكاتُها.



تَنْتَشِرُ قَطْرةُ الصِّبْغ بِسُرعةٍ في الماءِ السَّاخِن.



يَنْتَشِرُ الصِّبْغُ بِسُرعةٍ أبْطأ في الماءِ البارِد.

جُزَيئاتُ الماءِ تَتحَرَّكُ بِسُرعةٍ أبْطأ في الماءِ البارِدِ منها في الماءِ السَّاخِن. سُرعةُ انتشارِ جُسَيْماتِ الصِّبْغ في الماءِ الأسخن تُبَيِّنُ اعتِمادَ سُرعةِ الانتِشار على دَرجةِ الحرارة.

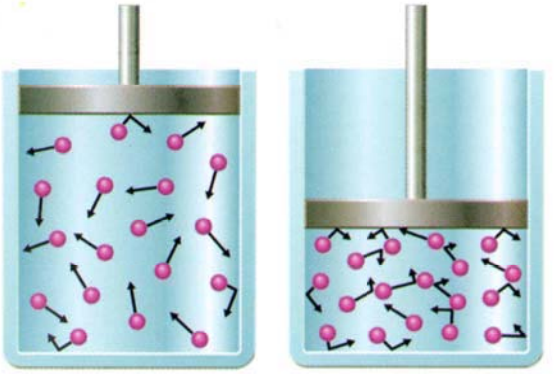
اكتشَفَ الكيميائيُّون أنَّ المَوادَّ تتألَّفُ من ذرَّاتٍ وجُزَيئاتٍ وجُسَيْماتٍ أُخرى منذُ حوالى 150 سنة. وهُم كانوا على عِلمٍ بالكثير من خصائصِ الجوامدِ والسَّوائلِ والغازات. وقد طوَّروا النظريَّةَ الحَرَاكيَّةَ لِتَعْليلِ هذه الخصائصِ على أساسِ حَرَكاتِها.

الجوامِد

تَتَمَيَّزُ الجوامِدُ بِحُجومٍ وأَشْكالٍ ثابتة. وهي صُلْبةٌ وغيرُ انْضِغاطيَّةٍ تقريبًا. الجُسَيْماتُ التي تُؤلِّفُ الجوامدَ مُتَقاربةٌ ومُتَراصَّة. وهي تَتَجاذَبُ فيما بينَها بقُوًى شديدة؛ ولا تَسْتطيعُ الانزِلاقَ بعضها عَبْرَ بعض؛ لكِنَّها تَتَذَبْذَبُ جَيْئةً وذَهابًا حوْلَ مَواقِعَ ثابتةٍ في البِنْيةِ الجامدة.

السَّوائل

السَّوائلُ، كالجوامِد، لَها حُجومٌ ثابتةٌ؛ لكِنَّها خِلافًا لِلْجوامِدِ، مُتغَيِّرةُ الشَّكل. السَّائلُ يَسيلُ نحو الجُزْءِ الأَخْفَضِ من الوعاءِ الذي يَحتويه. المادَّةُ المُعَيَّنةُ لها نَفْسُ الكثافةِ تقريبًا سائلةً أو جامِدة. فجُسَيْماتُ السَّائلِ مُتراصَّةٌ كجُسَيْماتِ الجامد تقريبًا؛ لكِنَّها ذاتُ طاقةٍ أكبَرَ ويَتحَرَّكُ بعضُها حوْلَ بعضٍ بِحُرِّيَّة.



ضَغْطُ الغازِ إلى حَجْمٍ أصْغَرَ يجعَلُ جُسَيْماتِه تَتقارَبُ وتَتَراصُّ معًا. فتَتزايدُ سُرعةُ تصادُمِ جُسَيْماته مع جُدرانِ الوِعاء مُنْتِجَةً زيادةً في الضَّغْط.

الغـازات

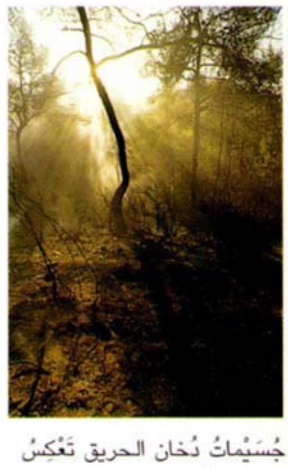
ضَغْطُ الغازاتِ أسهَلُ من ضَغْط السَّوائلِ والجوامِد. فتَقْليلُ حَجْمِ كَمِّيَّةٍ ثابتةٍ من الغاز يَزيدُ من ضَغْطِه. والنظريَّةُ الحَرَاكيَّةُ تُعَلِّلُ ذلك بأنَّ جُسَيْماتِ الغاز مُتَباعِدةٌ جِدًّا؛ فهي في الواقعِ لا تَشْغَلُ سِوى جُزْءٍ ضئيلٍ جدًّا من مُجْمَلِ حَجْمِه. مثلًا، السَّنتيمترُ المُكَعَّبُ الواحِدُ من الماء يتحَوَّلُ بالغَلَيان إلى 1700 سم^3 من البُخار على درجة حرارة 100°س وضَغْطٍ يُساوي ضَغْطًا جَوِّيًّا واحدًا. إنَّ سُرعةَ حركةِ جُزَيئاتِ البُخار الفائقةَ وتباعُدَها الشاسِعَ، يجعلانِ تأثيرَ التجاذُبِ بَيْنَها مَعْدومًا تقريبًا بالمُقارَنةِ مع حالتَي الجُمودِ والسُّيولة.

الغازاتُ تَنْتَشِرُ في جميعِ الاتِّجاهات لِتَشْغَلَ الأَوعيةَ المُتَواجدةَ فيها بالكامِل. لذا يَعْبَقُ كامِلُ غرفةٍ مُقْفلةٍ برائحةِ عِطْرٍ قويٍّ بعد وقتٍ قَصير. النظريَّةُ الحَرَاكيَّةُ تَنُصُّ على أنَّ جُسَيْماتِ الغاز دائمةُ التحَرُّك، وتَنْطلِقُ في تَعَرُّجاتٍ عندما يَتصادَمُ بعضُها ببَعض وبِجُدران الوعاءِ الذي يَحْتويها؛ وهي لا تفقِدُ طاقةً خِلالَ تصادُماتِها لأنَّها تامَّةُ المَرُونة.

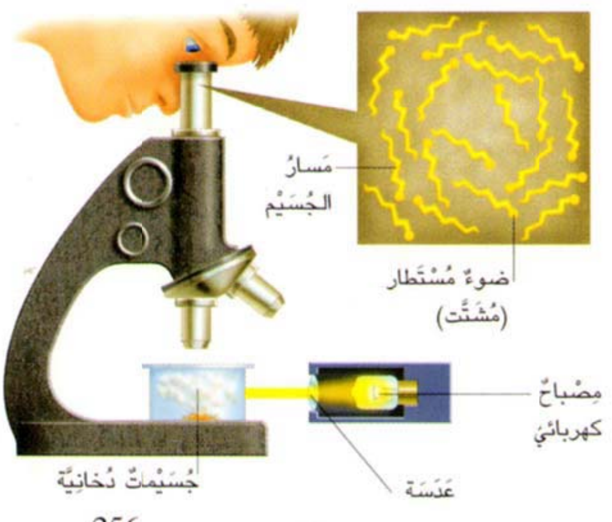
يَنْتُجُ ضَغْطُ الغاز من تَصادُماتِ جُسَيْماتِه بجُدْرانِ الوعاءِ الذي يَحْتويه. وبازدِيادِ دَرجةِ حرارةِ الغاز يَزْدادُ مُعَدَّلُ طاقةِ حَرَكةِ جُسَيْماته؛ فتَزْدادُ سُرعتُها، ويَزْدادُ بالتالي صَدْمُها لِجُدرانِ الوعاء بِعَدَد مَرَّاتٍ أكثرَ وقُوَّةِ صَدْمٍ أشَدَّ - ممَّا يجعَلُ ضَغْطَها على تلك الجُدْران أعظَمَ.

الحَرَكةُ البراونيَّة

أوَّلُ دَليلٍ على حَرَكةِ الجُسَيْمات سَجَّلَه عالِمُ النَّبات البريطانيُّ رُوبَرْت بْراون (1773 – 1858) عامَ 1827. فقد كان يتفَحَّصُ مِجْهريًّا حُبَيْباتِ غُبارِ الطَّلْع في قَطْرةِ ماء عندما لاحَظَ أنَّها كانت تَتَقَفَّزُ عَشْوائيًّا حوْلَ الشريحةِ تَحْتَ المِجْهَر. هذا التَّقَفُّزُ سَبَبُه خَبْطُ جُزَيئاتِ الماء لِحُبَيْباتِ غُبار الطَّلْع. ولو يُجْرَى الاختِبارُ بِجُسَيْماتٍ دُخانيَّةٍ، وهي أخَفُّ من حُبَيْباتِ غُبار الطَّلْع، فإنَّ حركةَ التقَفُّزِ تَشْتَدُّ. فكُلُّ جُسَيْمٍ دُخانيٍّ يَسْتَطيرُ الضوءَ إلى داخلِ المِجْهَرِ فيَبْدو كنُقْطةٍ زاهية.



جُسَيْماتُ دُخان الحريق تَعْكِسُ ضوءَ الشَّمْس



جُسَيْماتُ الدُّخان تَبْدو كنُقَطٍ من الضوءِ تَتَحَرَّكُ عندما تَخْبِطُها جُزَيئاتُ الهواء.

أُنْظُر أيضًا

تغَيُّراتُ الحالة ص 257
الطاقةُ الكامِنةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293

تغَيُّراتُ الحالة

الانصِهارُ والتجَمُّدُ والغَلَيانُ والتكَثُّفُ كُلُّها أمثلةٌ على تَغَيُّر الحالة. فهي عَمليَّاتٌ تُغَيِّرُ المَوادَّ من حالةٍ إلى أُخرى.



عندما يَلْهَثُ كَلْبٌ مُفْرِطُ الإحرار، يَتبَخَّرُ الماءُ من لِسانِه. وتغَيُّرُ الحالةِ هذا يَمْتَصُّ الحرارةَ من لِسانِ الحيَوان فَيُخَفِّضُ من حَرارتِه.

عندما تُغَيِّرُ مادَّةٌ حالتَها، فهي تَمْتَصُّ طاقةً أو تُطْلِقُها بينَما تُعيدُ جُسَيْماتُها تَرْتيبَ أنفُسِها. فالجُسَيْماتُ في الغاز، مثلًا، مُتَباعِدَةٌ أكثَرَ من الجُسَيْماتِ في السَّائل. وهذا يَعْني أنَّ عمليَّةَ الغَلَيان تتَطَلَّبُ دَخْلًا كافيًا من الطاقة لكي تُفلِتَ الجُسَيْماتُ من قُوَى التجاذُبِ التي تَشُدُّها معًا في السَّائل. والكمِّيَّةُ نَفْسُها من الطاقةِ تُعادُ إذا تكَثَّفَ الغازُ إلى السائلِ ثانيةً.

الانصِهار

إحماءُ جِسْمٍ جامدٍ دونَ نُقْطةِ انصِهارِه يَرْفَعُ دَرجةَ حرارتِه. وتَزْدادُ طاقةُ جُسَيْماتِه باقتِرابِ درجةِ الحرارة من نُقطةِ الانصِهار. لكِنْ حالَما يَبْدأُ بالانصِهار فإنَّ درجةَ الحرارةِ لا تَرْتَفِع رُغْمَ استِمْرارِ انسِيابِ الحرارة إلى داخلِ الجامدِ المُنْصَهِر. إنَّ لِكُلِّ مادَّةٍ نَقِيَّةٍ نُقْطةَ انصِهارِها الخاصَّة. والطاقةُ تُوَفِّر للجُسَيْماتِ طاقةَ الحَرَكةِ الكافِيَةَ لِتُحَرِّرَها من البِنْيةِ الجامدة. فَنُقْطةُ الانصِهارِ العاليةُ دليلٌ على أنَّ قُوى تَماسُكِ الجُزَيْئاتِ في ذلك الجامِدِ قويَّةٌ بشَكْلٍ خاصّ.

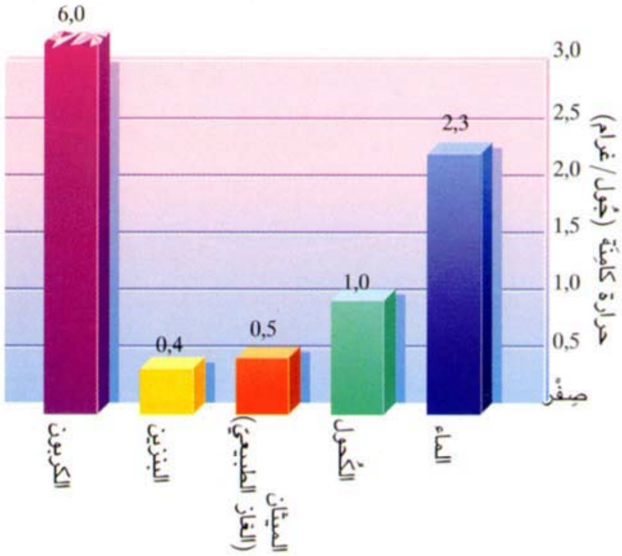
التَّبَخُّرُ والغَلَيان

جميعُ السَّوائل تَتبَخَّر - مَهْما كانَت درجةُ الحرارة. فبعضُ الجُسَيْماتِ في سَطْحِ السَّائل تَحْوي ما يَكفي من الطاقة لكَي تُفلِتَ إلى الحَيِّزِ فوقَ السَّائل. وبزيادةِ درجةِ الحرارة تَزْدادُ نِسْبَةُ الجُسَيْماتِ التي تَحْوي طاقةً كافِيَةً للإفلات؛ لذا تَتبَخَّرُ السَّوائلُ أسْرَعَ على درجاتِ الحرارة الأعلى.

الجُسَيْماتُ التي تُفْلِتُ من السَّائل تُحدِثُ ضَغْطًا فوقَه يُسَمَّى ضَغْطَ البُخار؛ وهذا يَتزايَدُ مع ارتِفاعِ درجة الحرارة. ويَبْدأُ السَّائلُ بالغَلَيان عندما يَتَساوى ضَغْطُ بُخارِه مع الضَّغْطِ في مُحيطِه. عندئذٍ تأخذُ فقاقيعُ البُخار بالتكَوُّنِ في السَّائلِ وتَرْتَفِعُ نحو السَّطْح.

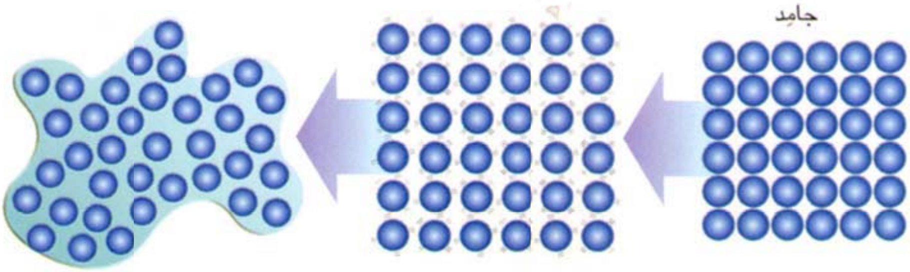
المَوادُّ المَشُوبَة (اللَّانقِيَّة)

إنَّ وُجودَ مَوادَّ أُخرى في مادَّةٍ نَقِيَّةٍ يُغَيِّرُ نُقْطَتَي انصِهارها وغَلَيانِها. فالمِلْحُ، مثلًا، يُخَفِّضُ نُقْطةَ انصِهارِ الجليد من صفر°س إلى ما يُقارِب -20°س. لكِنَّ إضافةَ المِلْحِ إلى الماءِ تَرْفَعُ نُقْطةَ غَلَيان المَحْلول إلى ما فوقَ 100°س (التي هي نُقْطةُ غَلَيان الماء النَّقِيّ).



كمِّيَّةُ الحرارة اللَّازمةُ لِتَغْيير كمِّيَّةٍ مُعَيَّنةٍ من مادَّةٍ ما إلى غاز على نُقْطةِ غَلَيانِها تُسَمَّى حرارةَ تَبَخُّرِها الكامِنَة. قِيمةُ هذه الحرارةِ تُبَيِّنُ شِدَّةَ قُوى التجاذُبِ بين الجُسَيْمات.

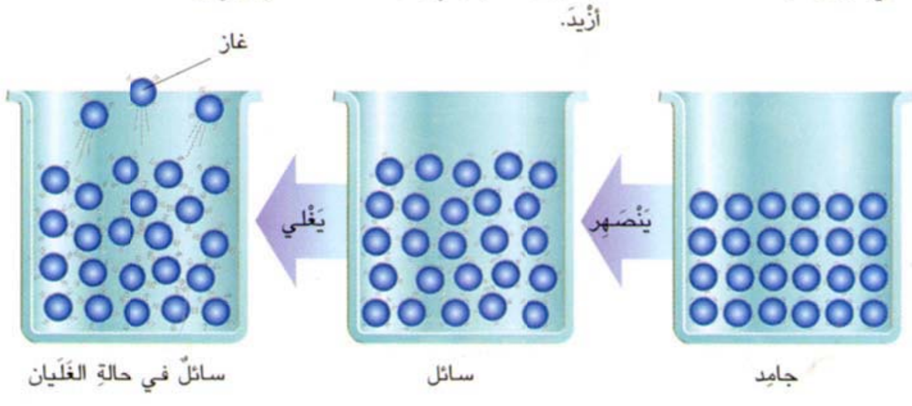
▼ في الجامِد، تُمْسِكُ قُوى التجاذُبِ القويَّةُ الجُسَيْماتِ في مَواقِعَ ثابتة. الحرارةُ تَزيدُ طاقةَ الجُسَيْمات في الجامد وتَرْفَعُ درجةَ حرارته حتَّى يَنْصَهِر.



جُسَيْماتُ الجوامد مُرَتَّبةٌ في مَواقِعَ ثابتة.

إحماءُ الجامدِ يجعَلُ جُسَيْماتِه تتَذَبْذَبُ بِشِدَّةٍ أزْيَد.

يَنْصَهِرُ الجامِدُ عند انهيارِ بِنْيَتِه

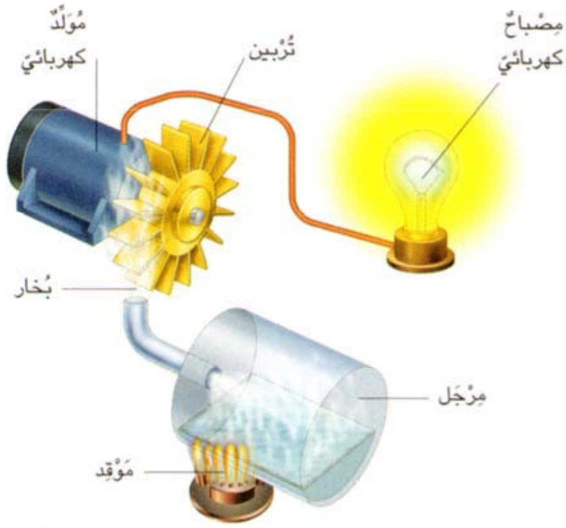


► انصِهارُ الجامدِ يُبْقي جُسَيْماتِه مُتَقارِبةً مُرْتَصَّة، لكِنَّ بِنْيَتَهُ التَّرْتيبيَّةَ تَتَفكَّك. إغلاءُ السَّائلِ يُحَرِّرُ جُسَيْماتِه لِتَنْساقَ بعيدًا بعضُها عن بعضٍ وتَمْلأَ كامِلَ الحَيِّزِ المُتاح.

انْظُر أيضًا
حالاتُ المادَّة ص 156 - 157
خَصائصُ الجوامِد ص 194 - 195
النظريَّةُ الحَرَاكيَّة ص 256

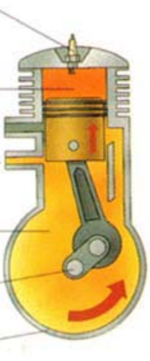
الدِّيناميَّاتُ الحراريَّة

الدِّيناميَّاتُ الحراريَّةُ هي دراسةُ القوانينِ التي تَحكُمُ الاتِّجاهَ الذي تَنْسابُ فيه الحرارة، وكَيْفيَّةِ تحَوُّلِ الطاقة من شَكْلٍ إلى آخر.



هذه النَّبيطةُ تَسْتَخْدِمُ حرارةَ المَوْقِدِ لِتَوليدِ البُخارِ الذي يُديرُ تُرْبينًا بَسيطًا ومُوَلِّدًا كهربائيًّا. نِسْبَةٌ ضَئيلةٌ فقطْ من الحرارة تَتَحَوَّلُ إلى طاقةٍ كَهْربائيَّة.

بَدأَتْ دِراسةُ الدِّيناميَّاتِ الحراريَّةِ في القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، عندما استخدمَ العلماءُ نتائجَ اختباراتِهم لِصِياغةِ قوانينَ تَصِفُ سُلوكَ الحرارةِ والطاقةِ في الطبيعة. وَقد ساعدَتْ هذه القوانينُ المُهَنْدسينَ على تَحْسينِ تصاميمِ المَكِناتِ، كالمُحَرِّكاتِ البُخاريَّة، التي تُحَوِّلُ الطاقةَ الكيماويَّةَ المُخْتَبَسةَ في الوُقُدِ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ ثُمَّ إلى طاقةٍ مِيكانيكيَّة. ولم يَمْضِ طويلُ وقتٍ حتَّى أدركَ العُلماءُ أنَّ قوانينَ الدِّيناميَّاتِ الحراريَّةِ نَفْسَها تَنْطَبِقُ على كُلِّ العمليَّات - من تَشْغيلِ مُحَرِّكاتِ الدِّيزل إلى العمليَّاتِ البَيُولوجيَّةِ في الكائناتِ الحَيَّة.





المُحَرِّكاتُ الثُّنائيَّةُ الأَشْواطِ تُحَوِّلُ طاقةَ الوَقُودِ الكيماويَّةَ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّةٍ وحَرارة. الشَّوْطُ الأوّل يَضْغَطُ المَزيجَ ويُشْعِلُه. وفي الشَّوْطِ الثاني، تَدْفَعُ الغازاتُ المُحْتَرِقةُ الكَبّاسَ سَفْلًا قبْلَ أنْ يَنْفُثَها مَزيدٌ من الوَقُودِ والهواءِ عَبْرَ العادِم.

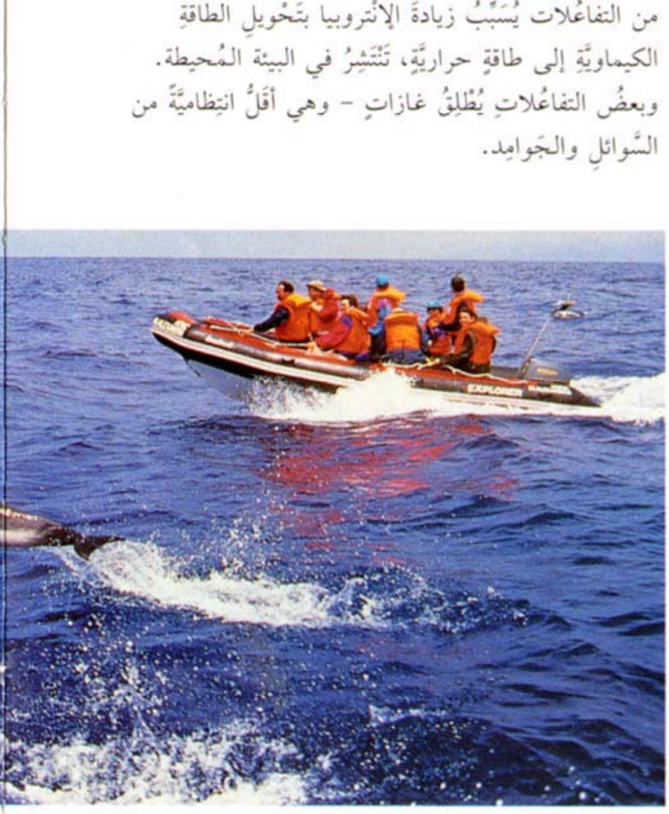
القانونُ الأوَّل

القانونُ الأوَّلُ للدِّيناميَّاتِ الحراريَّةِ يَنُصُّ على أنَّ الطاقةَ لا تُخْلَقُ ولا تَفْنى. وإحدى نتائجِ هذا القانون هي أنَّ كمِّيَّةَ الطاقةِ التي تَسْري إلى داخِلِ نَبيطةٍ ما مُكافِئةٌ ومُضاهيةٌ لِكمِّيَّةِ الطاقةِ التي تَنْطَلِقُ منها إلى الخارج. ففي حالِ المِصْباحِ الكهربائيِّ مثلًا، تَسْري الطاقةُ إلى داخلِ المِصْباحِ الكهربائيِّ كطاقةٍ كهربائيَّة. فيُنْتِجُ المِصْباحُ حرارةً وضوءًا بِمُرورِ التيَّارِ الكهربائيِّ عَبْرَه - بحيثُ إنَّ مَجْموعَ الطاقةِ الحراريَّةِ والضوئيَّةِ الذي يَبْتَعِثُه المِصباحُ يُساوي كمِّيَّةَ الطاقةِ الكَهْربائيَّةِ التي يَسْتَهْلِكها. وهذا يَعْني أنَّ كمِّيَّةَ الطاقةِ لا تَتغيَّرُ مع تَوَهُّجِ المِصْباح؛ إنَّها فقط تَتَغيَّرُ من شَكْلٍ إلى آخَر.

القانونُ الثاني

القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّةِ يَنُصُّ على أنَّ جميعَ العمليَّاتِ الطبيعيَّةِ تَزيدُ الإنْتروبيا (القُصُورَ الحراريّ). فالإنْتروبيا مِقياسٌ للتردِّي الكَونيِّ يُخِلُّ بِنِظاميَّته. فإحدى نَتائجِ القانون الثاني هي أنَّ الحرارةَ تَسْري من المَكانِ الحارِّ إلى المَكان الأَبردِ - أي إنَّ الحرارةَ التي كانَتْ مُرَكَّزةً في جِسْمٍ حارٍّ تَغْدو مُنْتَشِرةً وأقَلَّ انتِظاميَّةً ومُتاحِيَّة. وهكذا فإنَّ العمليَّةَ تَزيدُ الإنْتروبيا - فالحرارةُ لا تَسْري طبيعيًّا من مكانٍ باردٍ إلى مكانٍ حارٍّ.

ولِلإنْتروبيا أيضًا دَوْرٌ في التفاعُلاتِ الكيماويَّة. فالكثيرُ من التفاعُلات يُسَبِّبُ زيادةَ الإنْتروبيا بتَحْويلِ الطاقةِ الكيماويَّةِ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ، تَنْتَشِرُ في البيئة المُحيطة. وبعضُ التفاعُلاتِ يُطْلِقُ غازاتٍ - وهي أقَلُّ انتِظاميَّةً من السَّوائلِ والجَوامِد.



▼ جُزْءٌ ضَئيلٌ فقطْ من حرارةِ احتِراقِ الوَقُود في أيِّ مُحَرِّكٍ يَتحَوَّلُ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّة. والباقي يُفْقَدُ في غازاتِ العادِمِ السَّاخِنَةِ وعَبْرَ المُشِعِّ وإلى الهواءِ السَّاري حولَ المُحَرِّك. عندَ تَحَرُّكِ السيَّارة، تَنْثَني إطاراتُها وتَسْخُنُ. ويُسَخِّنُ الاحتِكاكُ أيضًا الهواءَ المُنْسابَ فوقَ السيَّارة. وعندما تَعْمَلُ المَكابِحُ على إيقافِ السيَّارة، فإنَّها تَسْخُنُ وتُحَوِّلُ كامِلَ الطاقةِ الحَرَكيَّةِ في السيَّارةِ إلى حرارة.



القانونُ الثالث

القانونُ الثالثُ للدِّيناميَّاتِ الحراريَّةِ يَنُصُّ على وُجُودِ درجةِ حرارةٍ دُنيا تُسَمَّى الصِّفْرَ المُطْلَق. وعلى درجةِ الحرارة هذه، تكونُ لِلمادَّةِ طاقتُها الحراريَّةُ الدُّنيا المُمْكِنة – فلا يُمكِنُ أنْ تُصبِحَ أبْرَدَ.

إنَّه يَسْتَحيلُ بلُوغُ درجة الصِّفر المُطْلَق، لأنَّ أيَّ جِسْمٍ على درجةِ الصِّفْرِ المُطْلَق سيَمْتَصُّ الحرارةَ فورًا من أيِّ جِسْمٍ حوْلَه. على كُلٍّ، الحساباتُ العلميَّةُ تُبَيِّنُ أنَّ الصِّفْرَ المُطْلَق هو درجة –273,15°س على مِقياس سِلْسيُوس.

والكثيرُ من الحساباتِ الدِّيناميَّةِ الحراريَّة تَسْتَخْدِمُ درجاتِ الحرارةِ على المِقياسِ الدِّيناميِّ الحراريِّ، الذي يُحَدِّدُ الصِّفْرَ المُطْلَق كصِفْر ك (صِفْر كِلْفن). والمُعادَلاتُ التي تَصِفُ خَصائصَ الغازاتِ هي مَثَلٌ على استِخْدامِ دَرجاتِ الحرارة الدِّيناميَّة الحراريَّة. فَحَجْمُ الغاز، في حالِ ثُبوتِ الضَّغْط، يتناسَبُ طَرْديًّا مع دَرجةِ حَرارتِه المُطْلَقة (فوق الصِّفر المُطْلَق). أيضًا ضَغْطُ الغاز، في حالِ ثُبوتِ الحَجْم، يَتَناسَبُ طَرْديًّا مع دَرجةِ حرارتِه المُطْلَقة (درجة الحرارة الدِّيناميَّة الحراريَّة).



الشُّغْلُ والطَّاقة

الوُقُد، كالبِنْزين وزَيْتِ الدِّيزِل، الذي يَحْوي الحَجْمُ القليلُ منها كمِّيَّةً كبيرةً من الطاقة الكيماويَّة المفيدة تُسَمَّى مَصادِرَ طاقةٍ عاليةَ المَرْتَبة. فحينَ يقودُ سائقٌ سيَّارةً حوْلَ مِضْمارِ سِباق ويَعودُ إلى نُقْطةِ انطِلاقِه تمامًا، تكونُ كُلُّ الطاقةِ الكيماويَّةِ المُحَرَّرةِ (المُنْطَلِقة) بإحراق الوَقُود قد تحَوَّلَتْ إلى طاقةٍ حراريَّة. مُحَرِّكُ السيَّارة يُبَدِّدُ ما يَزيد على 70 بالمئة من طاقةِ الوَقُود كطاقةٍ حراريَّةٍ مِنَ المُشِعِّ والعادِم. وبتَحَرُّكِ السيَّارةِ على الطريق يُحَوِّلُ الاحتِكاكُ طاقةَ الحَرَكة إلى طاقةٍ حراريَّةٍ تُسَخِّنُ الهواءَ والإطارات. كما إنَّ إعمالَ المَكابِحِ أيضًا يُحَوِّلُ طاقةَ الحَرَكة إلى طاقةٍ حراريَّة. أي أنّه في نِهايةِ الرِّحلة، تكون كُلُّ طاقةِ الوَقُودِ قد انْتَشرت في البيئة المُحيطةِ وسَخَّنت العالَمَ ولو بِمقدارٍ ضئيلٍ لا يَكادُ يُدْرَك. هذه الطاقةُ الحراريَّةُ تُسَمَّى طاقةً خَفيضَةَ المَرْتَبة لأنَّها انتَشَرتْ في المُحيط ولا يُمكِنُها أداءُ شُغْلٍ مُفيد.

الكِفايَة (الفعَّاليَّة)

كِفايَةُ المَكِنة هي نِسْبَةُ المُدْخَلِ الطاقيِّ الذي تُحَوِّلُه المَكنةُ إلى شُغْلٍ مُفيد. فالمُدْخَلُ الطاقيُّ لِمُحَرِّكِ سيَّارة، مثلًا، هو الطاقةُ الكيماويَّةُ المُنْطَلِقة (المُحَرَّرة) من وَقُودِها؛ ومُخْرَجُ شُغْلِها المُفيد هو طاقةُ الحَرَكة التي تُسَيِّرُ دواليبَ السيَّارة.

وتُبَيِّنُ الحساباتُ الدِّيناميَّةُ الحراريَّة أنَّ الكِفايةَ القُصْوى لِمُحَرِّكِ الاحتِراق الداخليِّ لا يُمكِنُ أنْ تَزيدَ على حوالى 40 بالمئة. أمَّا المُحَرِّكاتُ الكَهْربيَّةُ فأكثَرُ كِفايةً بكثير – فبعضُها يُحَوِّلُ أكثرَ من 90 بالمئة من طاقتِه الكهربائيَّة إلى شُغْلٍ مُفيد. لكِنَّ نِسْبَةَ تحَوُّلِ الطاقةِ الحراريَّةِ إلى طاقةٍ كهربائيَّةٍ في مَحطَّاتِ تَوليدِ القُدرة بالوُقُدِ الأُحفوريَّة أو النَّوَوية، لا تَزيدُ على 45 بالمئة.



هيكلُ القاربِ السَّريعِ وجِسْمُ الدُّلْفين كلاهما انسِيابيُّ الشَّكْل. وسطوحُهما المَشيقَةُ السَّلِسَةُ تُقَلِّلُ من اعتراضِ الماء، فتُساعِدُ على مَخْرِهما الماءَ بِقَدرٍ قليلٍ من القُدْرة المُبَدَّدة.



▲ عامَ 1742، انتَبطَ الفَلَكيُّ السويديُّ أندرْز سِلْسيُوس (1701 – 1744) مقياسًا لِدَرجاتِ الحرارة – درجةُ انصِهار الجليد عليه صِفْر°س ودَرجةُ غَلَيانِ الماء مئة°س.

◄ المِقياسُ الدِّيناميُّ الحراريّ لِدَرجاتِ الحرارة المُطْلَقة يَبْدأُ بالصِّفْر ك (صِفْر كِلْفن)، الذي يُعادل درجة –273,15°س على مِقياسِ سِلْسيُوس والدرجة فيه تساوي الدرجة في مِقياس سِلْسيُوس. يَجْري تَحْويلُ دَرجاتِ الحرارة من سِلْسيُوس إلى كِلْفن بإضافة 273,15. وهكذا فإنَّ درجةَ الصِّفْر°س هي الدَّرَجةُ 273,15 ك.



يَشْعُرُ الناسُ بالدِّفْءِ عندما يُمارِسونَ الرياضةَ البَدنيَّة، ذلك لأنَّ العَمليَّاتِ التي تُحَرِّكُ العَضَلاتِ تُوَلِّدُ حرارةً أيضًا.



النَّباتاتُ الناميَةُ تَخْتزِنُ جُزْءًا من طاقةِ ضوءِ الشَّمْس كطاقةٍ كيماويَّةٍ في أنْسِجَتِها.

أُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 – 107
مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل ص 224 – 225
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295

الضَّوء

الضوءُ شَكْلٌ من الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّةِ تَستطيعُ الخلايا البَصريَّةُ في عُيونِ الحيَوانات تبَيُّنَه. والضوءُ يُمكِنُ أن يَستطيرَ (يَتشَتَّت) ويَنْعكِسَ ويَنْكسِرَ ويَنْعَرِجَ.



الفيزيائيُّ والرِّياضيُّ الهولَنْديُّ، كريسْتيان هيغِنْز (1629 – 1695)، طوَّرَ تِقانيَّاتٍ خاصَّةً لِصُنْعِ عَدَساتٍ زُجاجيَّةٍ للمَقاريب (التلِسْكوبات). وهو كان أوَّلَ من وَصَفَ الضوءَ كحَرَكةٍ مَوجيَّة.

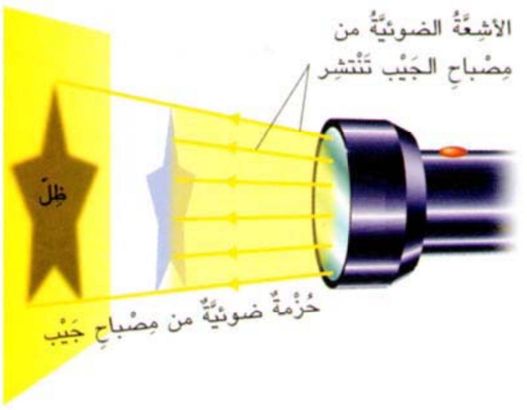
الضوءُ شَكْلٌ من الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّة. الأَطْوالُ المَوجيَّةُ للضوءِ المَرْئيّ أقْصَرُ من الأَطْوالِ المَوجيَّةِ للأمواجِ الرَّاديويَّة (اللّاسِلكيَّة) والإشعاعاتِ دُونَ الحَمْراء؛ لكِنَّها أطوَلُ من أمواجِ الإشعاعاتِ فوق البَنَفْسجيَّة والأشِعَّةِ السِّينيَّة؛ ولِكُلِّ لَوْنٍ من الضوءِ طولُه المَوجيُّ الخاصّ. الضوءُ المَرْئيُّ يُؤثِّر في الكيماويَّاتِ المُتَواجدةِ في نِهاياتِ الأعصابِ في مُؤخَّرِ العَيْنِ البَشَريَّة. وهذه النهاياتُ العصبيَّةُ تُرْسِلُ إشاراتٍ إلى الدِّماغ، الذي يَعيها كضَوء. سُرعةُ الضوءِ في الفَراغِ تبلُغُ حوالى 300 000 كيلومتر في الثانية – وهي السُّرعةُ القُصوى في الطبيعة، فلا شيءَ يمكِنُه تجاوزُ هذه السُّرعة. لكِنَّ سرعةَ الضوءِ تبطُؤُ قليلًا عَبْرَ مَوادَّ كالهواءِ أو الماءِ أو الزُّجاج.

الحُزَمُ والأشِعَّةُ الضوئيَّة

يَسْري الضوءُ من مَصْدرِه كَسِلْسلةٍ من الأَمواجِ الكَهْرُمِغْنيطيَّة. ولتِبْيانِ اتِّجاهِ مَسارِ أَمْواجِ الضوءِ هذه ارتأى العلماءُ رَسْمَ أشِعَّةِ الضوءِ كخُطوطٍ سَهْميَّةٍ مُسْتقيمة.

تَتألَّفُ الحُزْمةُ الضَّوئيَّةُ من مَجْموعاتٍ من الأَمْواجِ الضوئيَّةِ تَسْري كُلُّها في الاتِّجاهِ نفسِه تقريبًا. حُزْمةُ الضوءِ من مِصْباحِ جَيْبٍ تَنْتَشِرُ قليلًا أثناءَ سَرْيِها؛ فيَبْدو ضوءُ المِصْباحِ أَضْعَفَ بازدِيادِ المَسافةِ – لأنَّ أمواجَه الضوئيَّةَ تقِلُّ حِدَّتُها بالانتشار على مَدَى مِساحةٍ أوْسَع.

الحُزْمةُ الضوئيَّةُ اللّيْزريَّةُ تكادُ تكون مُتوازيةَ الجوانب. وهذا يَعْني أنَّ هذه الأمواجُ تكادُ لا تَنْتَشِرُ أثناءَ سَرْيِها. لذا تقطَعُ الحُزْمةُ اللّيْزَريَّةُ مسافاتٍ شاسِعةً قَبْلَ أنْ تَغْدو أوهَى من أنْ تُرَى.

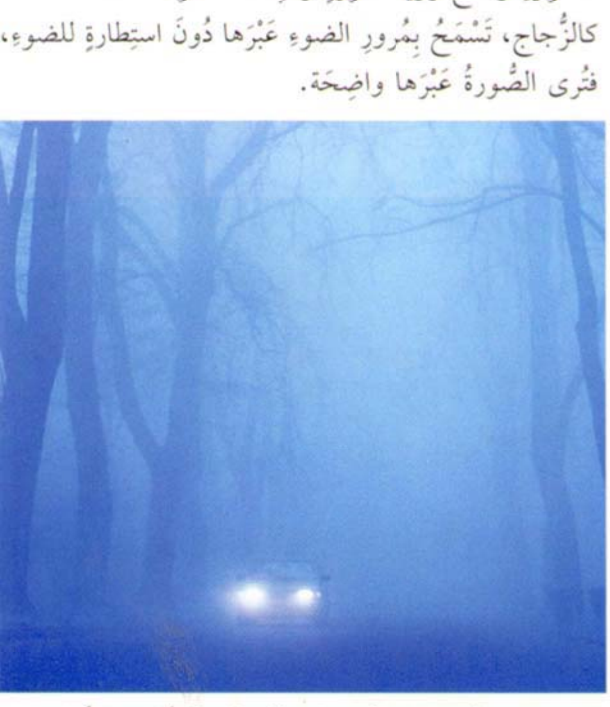


عندما يُوضَعُ جِسْمٌ في طريقِ حُزْمةٍ من الضوء، يُلْقي الجِسْمُ ظِلًّا يُماثِلُ شَكْلَه الخاصّ. ذلك لأنَّ الضوءَ يَسْري عَبْرَ الفَضاء في خُطوطٍ مُسْتقيمة.

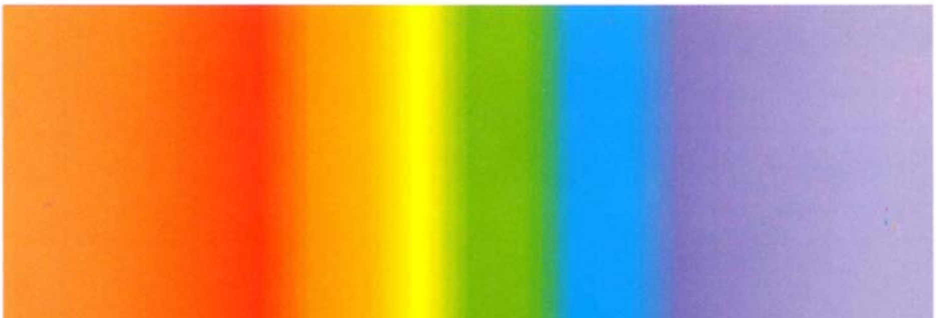
اِستِطارةُ الضَّوء

نحنُ نَرى الضوءَ فقَطْ عندما يَدْخلُ عُيونَنا؛ فلا يُمكِنُنا رُؤيةُ حُزْمةٍ من الضوءِ مارَّةٍ بِمُحاذاتِنا عَبْرَ الهواءِ الصافي. حُزَمُ الضوءِ تَصيرُ مَرْئيَّةً عندما يكونُ الهواءُ مُضِبًّا. ذلك لأنَّ قُطَيْراتِ الماءِ الدَّقيقةِ في الضَّباب تَعْكِسُ بعضَ الضوءِ خارِجَ مَسارِ الحُزْمة. وهذا الضوءُ المُسْتَطيرُ إلى جانبِ الحُزْمةِ يَدْخلُ عيُونَنا ويَجْعَلُ الحُزْمةَ مَرْئيَّةً. والجُسَيْماتُ المِجْهَريَّةُ في الدُّخان أيضًا تَسْتَطيرُ الضوء.

المَوادُّ الجامِدةُ التي تَسْتَطيرُ الضوءَ تُسَمَّى مَوادَّ شَفَّةً (نِصْفَ شفَّافة). الوَرَقُ المُلَوَّثُ بالشَّحْم، مثلًا، يَسْمَحُ بِمُرورِ الضوءِ عَبْرَه، لكِنَّ الاِستِطارةَ الناتِجةَ تُخِلُّ بِنظامِ الأشِعَّةِ الضوئيَّةِ وتمنَعُ رُؤيةَ صُورةٍ واضِحَة. المَوادُّ الشفَّافةُ، كالزُّجاج، تَسْمَحُ بِمُرورِ الضوءِ عَبْرَها دُونَ اسْتِطارةٍ للضوء، فتُرى الصُّورةُ عَبْرَها واضِحَة.



الضوءُ من مِصْباحَي السيَّارة الأماميَّيْن يَبْدو غَبِشًا في الضَّباب. ذلك لأنَّ قُطَيْراتِ الماءِ في الضَّباب تَسْتَطيرُ (تُشَتِّتُ) أشِعَّةَ الضوءِ، فيَبْدو بعضُ الضوءِ آتِيًا من حوْلِ المِصْباحَيْن.



ف ب (فوق البنَفْسجيّ) — الطَّيْفُ المَرْئيّ — د ح (دُون الأحمر)

يُشَكِّلُ الضوءُ المَرْئيُّ طَيْفًا من الألوان يَمْتَدُّ من اللَّونِ الأحمرِ الأَطْوَلِ أمواجًا إلى اللَّونِ البنَفْسجيِّ ذي الأطوالِ المَوجيَّةِ الأقصَر. العَيْنُ البَشَريَّةُ لا تَتبَيَّنُ الإشعاعاتِ دُونَ الحمراء ولا الأشِعَّةَ فوقَ البنَفْسجيَّة.



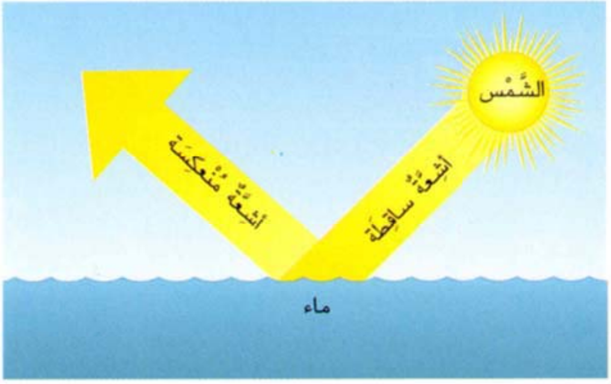
عندما نَنظُرُ في المِرآة، نَرى صُورةً مثيلةً طِبقَ الأَصْلِ لِمَظْهرِنا، لكِنَّها مَعْكوسَة يَمينَ يَسار. أمَّا نِسَبُ الانعِكاس والوانُه فمَضبوطةٌ تمامًا.

الانعِكاس

قِلَّةٌ من الأَجْسامِ المَرْئيَّة تُصدِرُ ضَوءًا؛ فمُعْظَمُها يُرى لأنّه يعكِسُ بعضَ الضوءِ السَّاقِطِ عليه. بعضُ الأَجْسام يَبْدو مُتلألِئًا زاهيًا لأنّه يعكِسُ مُعْظمَ الضوءِ الساقِطِ عليه. الأَجْسامُ الزَّاهيةُ، لكِن المُطْفأةُ اللَّمْعةِ، تُشَتِّتُ الضوءَ الذي تعكِسُه. الأَجْسامُ الكامِدَةُ تَمْتَصُّ مُعْظمَ الضوءِ الساقِطِ عليها وتُحوِّلُه إلى حرارة. المَرايا تُكَوِّنُ صُوَرًا واضِحَةً لأنَّها لا تُشَوِّشُ ترتيبَ الأشِعَّةِ المُنْعكِسَةِ عنها.

الانكِسار

الأَمْواجُ الضوئيَّة تَبْطُؤُ سُرعَتُها عندما تَنْتَقِلُ من الهواءِ إلى مادَّةٍ أكْثفَ كالزُّجاجِ أو الماء. سُرعةُ الضوءِ في الماءِ تُساوي ثلاثةَ أرْباعِ سُرعتِه في الهواء. إذا دخلَ شُعاعٌ من الضوءِ الماءَ أو الزُّجاجَ بزاويةٍ مُعيَّنةٍ، فإنّه يُغَيِّرُ اتِّجاهَه قليلًا. هذه الظاهِرَةُ، المُسمَّاةُ الانكِسارَ، تجعَلُ العَدسَاتِ والأَجْسامَ الشفَّافةَ الأُخرى تُغَيِّرُ مَظْهرَ الأشياء المَنْظورةِ عَبْرَها.



انْعِراجُ الضَّوء

عندما تَمُرُّ أمواجُ الضوءِ عَبْرَ ثَقْبٍ أو شَقٍّ طوليٍّ فَسْحُه يُقارِبُ طُولَها المَوجيَّ، فإنَّها تَنْتَشِرُ في جميعِ الاتِّجاهات عندما تَنبَعِث منه. هذه الظاهرةُ تُسَمَّى الانعِراجَ (الحُيُودَ). ويُمكِنُ للأَمْواجِ التي تَنْتَشِرُ من فُتُحاتٍ مُنفَصِلةٍ أنْ تَتداخلَ بَعضُها في بعضٍ. وتبَعًا لاتِّجاهِها، فإنَّ بعضَ الأَمْواجِ تُلْغي إحداها الأُخرى أو تُعَزِّزُها مُحدِثةً أنماطًا مُتباينةً من الضَّوء.

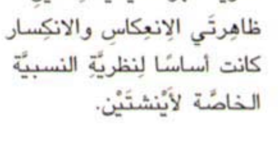
الأشِعَّةُ دُونَ الحَمْراء وفوقَ البَنَفْسجيَّة

منذُ أكثرَ من 200 سنة، أجرى العلماءُ تَجارِبَ بَسيطةً لِتِبْيانِ أنَّ الضوءَ هو شَكْلٌ من الطاقة. فاستَخْدموا مَوشُورًا زُجاجيًّا لِشَطْرِ ضوءِ الشَّمْس إلى طَيْفٍ من الألوان يمتَدُّ من الأَحْمرِ عَبْرَ الأَخْضرِ إلى البَنَفْسجيّ. ثُمَّ وَجَّهوا كُلَّ لونٍ بدَوره إلى بُصَيْلةِ ترمومتر. فبَيَّنَ الترمومترُ زيادةً في درجةِ الحرارة بامتِصاصِه طاقةً من الضوء. كما بَيَّنَ التِّرمومترُ وُجودَ أشِعَّةٍ حراريَّةٍ دُون الحمراء غير مَرْئيَّةٍ خارجَ الطَّيْفِ في المَدى العاتِمِ المُجاور للضوءِ الأَحْمر. ثُمَّ بَيَّنَتِ الصُّوَرُ الفُوتوغرافيَّةُ لاحِقًا وُجودَ إشعاعاتٍ فوق بنَفْسجيَّة غير مَرْئيَّةٍ في المَدَى العاتِمِ المُجاورِ للضوءِ البَنَفْسجيّ.

عندما تُشْرِقُ الشَّمْسُ على بَحْرٍ مُتَموِّرِ المُويجات، فإنَّها تُكَوِّنُ صورةً مُتَلألِئةً مُتكَسِّرة. ذلك لأنَّ سَطْحَ البَحْر دائمُ الحَرَكة، فتعكِسُ أجزاءٌ مُختلِفةٌ من سَطْحِه الضوءَ بزوايا مُختلِفة.



الفيزيائيُّ الهولَنْديُّ، هِنْدريك لورِنْتز (1853 – 1928)، استَخْدمَ الرِّياضيَّاتِ بدَلَ التجاربِ العَمَليَّة لِتَقَصِّي طبيعةِ الضوء. فطوَّرَ نظريَّةً كَهْرُمغنيطيَّةً لِتَعْليلِ ظاهِرتَي الانعِكاسِ والانكِسار كانت أساسًا لِنظريَّةِ النسبيَّة الخاصَّة لأيْنشتَيْن.



القُرْصُ المُدْمَج يَخْتزِنُ المَعْلوماتِ كنُقَرٍ دَقيقةٍ في صَفْحةِ الومنيُوم. وفي مِغْزَفةِ الأقراصِ المُدْمَجةِ، تعكِسُ هذه النُّقَرُ ضوءًا ليْزَريًّا أُحاديَّ التَّردُّد على مِكْشافٍ يُحَوِّلُ نَبَضاتِ الضوءِ المُنْعكِسَةَ عَنْه إلى إشارةٍ كهربائيَّة. في الضَّوءِ العاديِّ، تَتَداخَلُ أشِعَّةُ الضوءِ المُنْعكِسَةُ بعضُها في بعض؛ مِمَّا يَجْعَلُ بعضَ الترَدُّداتِ تَبْدو أقوَى من غيرِها. لذا، يتلألأُ سَطْحُ القُرْصِ المُدْمَجِ بالألوانِ في الضوءِ الأَبْيض (ضَوءِ النَّهار).



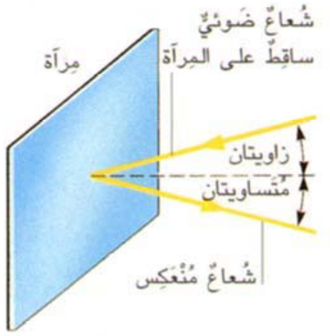
الظواهِرُ الطبيعيَّةُ الإضائيَّةُ تُساعِدُ في خَلْقِ الجَوّ. فالمَصابيحُ فوق البَنَفْسجيَّةُ تُشِعُّ ضوءًا لا يُمكِنُ رُؤيتُه مُباشَرة، لكِنَّه يجعَلُ الصِّبْغَ في قُماشٍ يَتَوهَّجُ بِلَونٍ أزرقَ – لأنَّ الصِّبْغَ حينئذٍ يَبْتَعِثُ ضوءًا ذا تَرَدُّداتٍ أخفَضَ من تَرَدُّداتِ الضوءِ فوق البَنَفْسجيّ الذي يُضيئُه. وهذا مَثَلٌ على ظاهِرةٍ تُسَمَّى ظاهِرَةَ التفَلْوُر (أو الفَلْوَريَّة).

أُنْظُر أيضًا

الانعِكاسُ والامتِصاص ص 262 – 263
الانكِسار ص 264 – 265
الكَهْرُمغْنَطيسيَّة ص 344 – 345
تكنولوجيَّةُ المَعْلومات ص 380 – 381

الاِنعِكاسُ والاِمتِصاص

الضوءُ يَنْعكِسُ عندما يَرْتَدُّ عن سَطْحٍ يَصُدُّه؛ ويُمتَصُّ عندما يتحَوَّلُ إلى طاقَةٍ حراريَّةٍ أو إلى شَكْلٍ آخَر من أشكالِ الطاقةِ عندما يَرْتَطِمُ بذلك السَّطح.



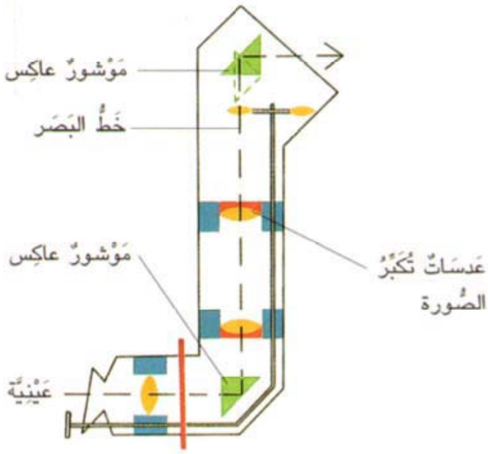
يَنْعَكِسُ الضوءُ عن المِرآةِ بزاويةِ انعِكاسٍ مُساويةٍ لِزاويةِ سُقوطِ الضوءِ عليها.

المِرآةُ الجَيِّدةُ تَعْكِسُ عادةً حوالَى 98 بالمئة من الضوءِ المُرْتَطِمِ بسَطْحِها؛ وتَمْتَصُّ بقيَّةَ الطاقةِ الضوئيَّةِ مُحَوِّلةً إيَّاها إلى طاقةٍ حراريَّةٍ تُسَخِّنُ سَطْحَها قليلًا. الجِسْمُ الأسودُ العاتِمُ الكامِدُ يَمْتَصُّ تقريبًا كُلَّ الضوءِ السَّاقِطِ عليه – فيَتحَوَّلُ معظمُ الطاقةِ الضوئيَّةِ إلى طاقَةٍ حراريَّةٍ، ولا يَنْعكِسُ منها سِوى القليلِ جِدًّا. الكَهْفُ المَغارِيُّ ذو الجُدْرانِ المُغَطَّاةِ بالسِّناجِ يُعْتَبَرُ ماصًّا مِثاليًّا للضَّوءِ – لأنَّه عَمليًّا، لا شَيْءَ من الضوءِ الداخِلِ إليه يَخْرُجُ منه.

الشَّمْسُ والنُّجومُ والمَصابيحُ تُرى لأنَّها بحَرارتِها تُوَلِّدُ ضوءًا. أمَّا الأَجْسامُ الأُخرى فمُعْظَمُها يُرى لأنَّه يعكِسُ بعضَ الضوءِ السَّاقِطِ عليه. السُّطوحُ البَيْضاءُ تعكِسُ الضوءَ أفضَلَ من السُّطوحِ الداكِنَة. والسُّطوحُ الصَّقيلةُ المَليسةُ هي أفضَلُ العاكِسات. السُّطوحُ الخَشِنةُ ضَعيفةُ العاكِسيَّة لأنَّها تعكِسُ أشِعَّةَ الضوءِ في جميعِ الاتِّجاهات، ولأنَّ بعضَ الضَّوءِ يُمْتَصُّ في النُّقَرِ الدَّقيقةِ على سطحِها.



الصُّورةُ التي تَعْكِسُها المِرآةُ مَقْلوبَةٌ جانِبيًّا – يَمينُها يَسارُها. هذه المَرْأةُ المُتَجَمِّلَةُ بِيُمناها تَبْدو في المرآةِ عَسْراءَ – تعمَلُ باليَدِ اليُسْرى.



المِئفاقُ (البِريسكوب) البَسيطُ يُمَكِّنُ من رُؤيةِ الأشياءِ من فوقِ حاجِز. يُسْتَخْدَمُ نَمَطُ البِريسكوبات للنَّظر من فوق جُدْرانٍ رَصاصيَّةٍ واقيةٍ في مَحَطَّاتِ تَوليدِ القُدرة النَّوَوِيَّة.

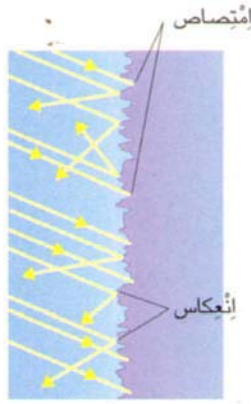
المَرايا

المَرايا القديمةُ كانت تُصْنَعُ من صفائحَ فِلِزِّيَّةٍ صَقيلةٍ – غالبًا من النُّحاس أو النُّحاسِ الأَصْفر. وكانَ من العَسيرِ رُؤيةُ صورةٍ واضِحةٍ في أمثالِ هذه المَرايا لأنَّها لم تَكُنْ مُسْتَوِيَةً تمامًا، وكانتْ تَمْتَصُّ كثيرًا من الضَّوءِ السَّاقِطِ عليها. المَرايا الحديثةُ تُصْنَعُ من صفائحَ زُجاجيَّةٍ مُسْتَوِيةٍ مُغَشَّاةِ القَفا بطَبَقةٍ رَقيقةٍ عاكِسَةٍ من الفِضَّةِ أو الألومنيُوم. فالزُّجاجُ يَحْفظُ التَّغْشيةَ العاكِسَة ويَضْمَنُ تماميَّةَ استِوائها.

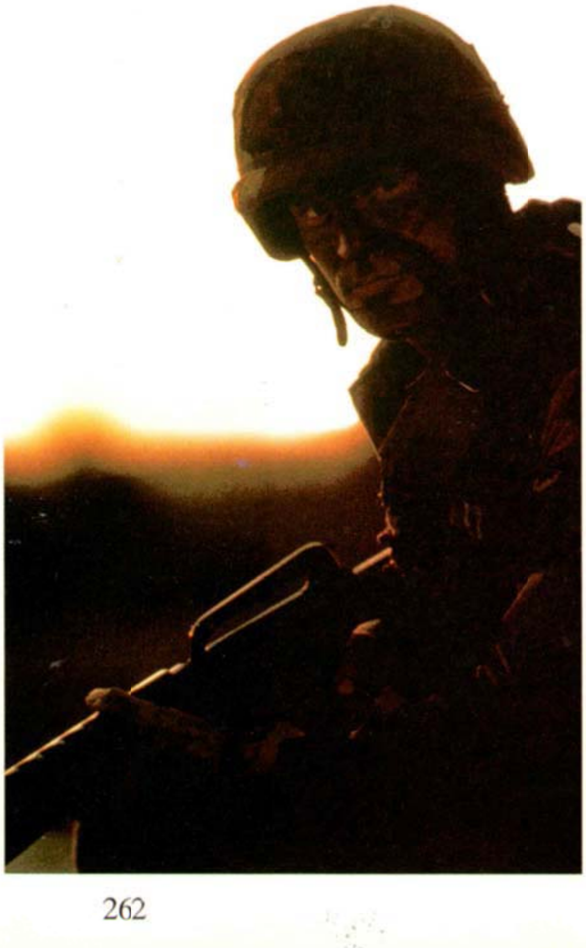
سُلوكُ شُعاعِ الضَّوءِ الذي يرتَطِمُ بمِرآةٍ مُسْتَوِيةٍ شَبيهٌ بسُلوكِ طابَةٍ (كُرةٍ) تَرْتَطِمُ بجِدار – إذ يَرْتَدُّ الضوءُ بزاويةٍ تُساوي الزاويةَ التي مَسَّ بها المِرآة. الشُّعاعُ الوارِدُ يُسَمَّى الشُّعاعَ السَّاقِطَ؛ والزاويةُ التي يَصْدِمُ بها المرآةَ تُسَمَّى زاويةَ السُّقوط. وتُقاسُ هذه الزاويةُ بالنِّسْبَةِ لِخَطٍّ وَهميٍّ مُعامِدٍ (بزاوية 90°) لِسَطْحِ المِرآة. الشُّعاعُ الصَّادِرُ يُسَمَّى الشُّعاعَ المُنْعكِسَ؛ والزاويةُ التي يُغادِرُ بها المِرآةَ تُقاسُ بالطريقةِ نَفْسِها وتُسَمَّى زاويةَ الاِنعِكاس.

الصُّورةُ المُنْعكِسَة

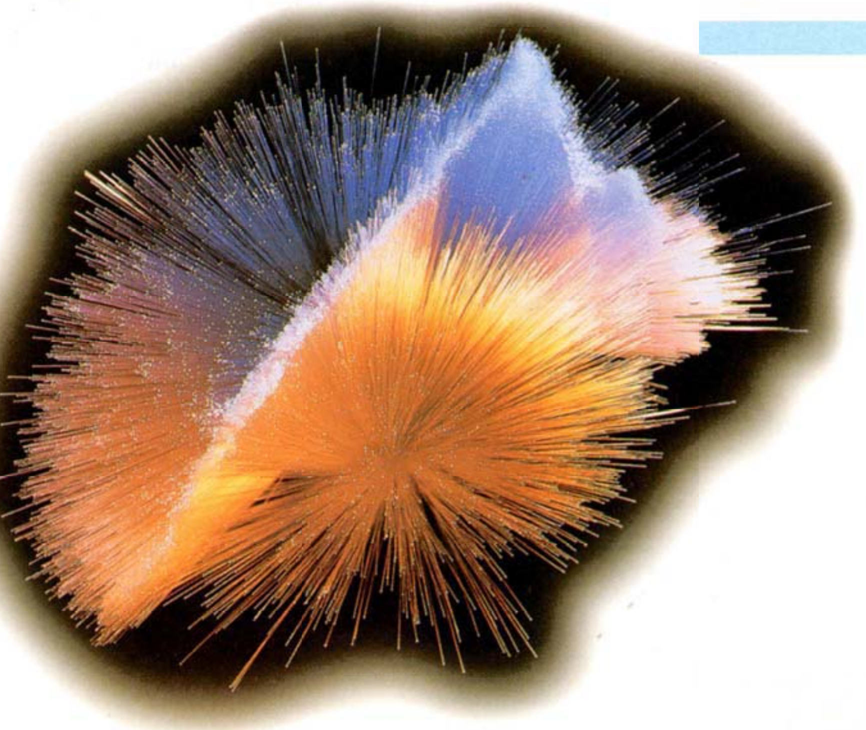
تُكَوِّنُ المَرايا صُوَرًا مُنْعكِسَةً للأَجْسامِ المَوضوعةِ أمامَها. المَرايا المُسْتَوِيَةُ (المُسَطَّحةُ) تُكَوِّنُ صُوَرًا غيرَ مُحَرَّفَةٍ للأَجسام التي تَعْكِسُها. فعندما يَنْظرُ شَخْصٌ في المِرآة يَرى صورةً طبيقةً لِنَفْسِه. وبُعْدُ هذه الصورةِ خَلْفَ المِرآةِ يَبْدو مُساوِيًا لِبُعْدِ الشَّخْص أمامَها. الدِّماغ يَفْتَرِضُ أنَّ الأشِعَّةَ المُنعكِسَةَ تَسْري بخُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ فَيَرى الصُّورةَ في المكانِ الذي تَبْدو الأَشِعَّةُ كأنَّها آتِيَةٌ منه.



الأَجْسامُ الفاتِحةُ اللَّونِ تَعْكِسُ من الضوءِ أكثرَ مِمَّا تَمْتَصُّه؛ الأَجْسامُ الداكِنَةُ اللَّونِ تَمْتَصُّ ضَوءًا أكثر.



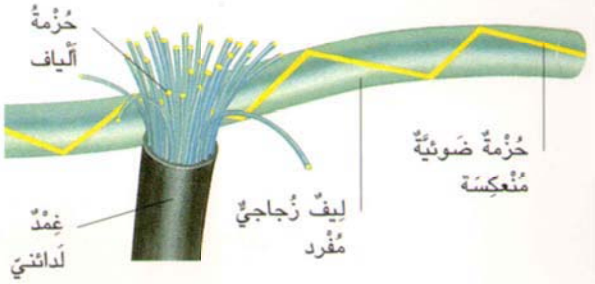
◄ يَسْتَخدِمُ الجنودُ أَلْبِسَةً داكِنةً غَيْرَ صقيلةٍ، كما يُمَوِّهون وُجوهَهُم – تخفيضًا لِوُضوحِ الرُّؤيةِ في ساحاتِ القتال.



▲ هذا المِصْباحُ يَسْتَخْدِمُ البَصَرِيَّاتِ الأَلْيافيَّةَ لإنتاج مؤثِّراتٍ تَزْيينيَّة. الأَلْيافُ الضوئيَّةُ مَحزومَةٌ معًا في أحدِ طرَفَيها؛ والضوءُ يَمُرُّ عَبْرَ مُرَشِّحٍ مُلَوَّنٍ إلى داخلِ هذا الطرَفِ لِيَنْبَثِقَ من أطرافِ الأَلْيافِ السَّائبَةِ كَرُقَطٍ نُقْطيَّةٍ ناصِعَةٍ زاهِيَة.

البَصَرِيَّاتُ الأَلْيافيَّة

البَصَرِيَّاتُ الأَلْيافيَّةُ تِقانَةٌ تَسْتَخْدِمُ خُيوطًا زُجاجيَّةً تُسَمَّى أَلْيافًا ضوئيَّةً يُقَنَّى فيها الضَّوء. الإنعِكاسُ الداخليُّ الكُلِّيُّ يُبْقي الضوءَ ضِمْنَ اللِّيفِ الزُّجاجيِّ مَهما كان حَنْيُه. ويُمكِنُ استِخْدامُ نَبَضاتِ الضَّوءِ لِنَقْلِ الإشاراتِ التلفونيَّةِ والمعلوماتيَّةِ عدَّةَ كيلومِتراتٍ عَبْرَ كبُولٍ بَصَريَّةٍ أَلْيافيَّة. الجرَّاحون يَسْتَخْدِمونَ البَصَريَّاتِ الأليافيَّةَ لِفَحْصِ دَواخِلِ الرِّئتين وتجاويفَ جِسمانيَّةٍ أُخرى. وهناكَ ما يُسَمَّى مَناظيرَ داخليَّةً، يُزَوَّدُ المِنْظارُ منها بِحُزْمَةٍ من الأليافِ الضوئيَّةِ تُوصِلُ الضوءَ إلى طرَفِ المِنْظارِ الداخليِّ؛ وبِحُزْمَةٍ أُخرى تَنْقُلُ الصُّورةَ في طريقِ العَوْدةِ دونَ تَشْويه.



الانعِكاسُ الداخليُّ الكُلِّيُّ

يُمكِنُ حُدوثُ الانعِكاس عندَ السَّطح الفاصِلِ بينَ مادَّتَيْن شَفَّافتَيْن، كالهواءِ والزُّجاج – هكذا تَعْكِسُ النوافِذُ صُوَرًا للمُحيطِ حوالَيْها. هذا النَّمَطُ من الانعِكاسِ يَحْدُثُ فقطْ للأَشِعَّةِ التي تَرِدُ بزاويةٍ ضَحْلةٍ إلى السَّطح. تَصَوَّرْ مثلًا سَطْحَ بِرْكةٍ للسِّباحة. إنَّ الضوءَ الوارِدَ من جِسْمٍ تحتَ الماء، والذي يَصْدِمُ السَّطح عموديًّا بزوايا قائمةٍ (أي بزاويةِ سُقوطٍ تُساوي صِفْرَ دَرجة) يَعْبُرُ على استِقامَتِه إلى الهواءِ دُون تَغْييرٍ في اتِّجاهِه. والشُّعاعُ الذي يَصدِمُ السَّطحَ التَّحتيَّ للماء بزاويةِ 45°، يَخْرُجُ إلى الهواءِ بزاويةٍ مع السَّطح تُساوي 20° فقطْ. وذلك بتأثيرِ ظاهِرةٍ طبيعيَّةٍ ضوئيَّةٍ، تُسَمَّى الانكِسارَ، تَحْني الشُّعاعَ الخارجَ إلى الهواءِ نحوالسَّطح. وإذا صدَمَ شُعاعُ الضَّوءِ السَّطحَ بزاويةِ سُقوطٍ تُساوي 49°، أي بزاويةِ 41° مع السَّطح، فإنَّ انكِسارَ الضَّوءِ يَحْني الشُّعاعَ إلى درجةٍ تجعَلُهُ مُوازيًا للسَّطح، فلا يَخْرجُ إلى الهواء. أمَّا الأشِعَّةُ التي تَصْدِمُ السَّطحَ بزوايا أقلَّ من 41° فإنَّها تَرْتَدُّ بكامِلها إلى داخلِ الماءِ مُنعَكِسَةً عن سَطْحِه كأنَّه سَطْحٌ مرآويّ – ويُسَمَّى هذا الانعِكاسَ الداخليَّ الكُلِّيَّ.

زاويةُ السُّقوطِ الدُّنيا التي يَنْعكِسُ عندها كُلُّ الضَّوءِ داخليًّا تُسَمَّى الزَّاويَةَ الحَرِجَة؛ وهي تعتَمِدُ على طبيعَةِ الوسَطين الشَّفَّافَيْن اللذين يَلْتقِيانِ عند السَّطح. الزاويَةُ الحَرِجةُ للضَّوءِ العابِرِ من الماء إلى الهواء هي 48,8°؛ ومن الزُّجاجِ إلى الهواءِ هي 41,1°.

هناكَ ناحِيَةٌ مُهِمَّةٌ في الانعِكاسِ الداخليِّ الكُلِّيِّ هي أنَّ السَّطحَ العاكِسَ لا يَمْتَصُّ شيئًا يُذكَرُ من الضوء. وهذه الخاصِّيَّةُ تُفيدُ منها البَصَريَّاتُ الأَلْيافيَّةُ في نَقْلِ الضَّوءِ مَسافاتٍ شاسِعَةً عَبْرَ الأَلْيافِ الزُّجاجيَّةِ الضوئيَّة. فأثناءَ مُرورِ الضوءِ عَبْرَ اللِّيفِ الضَّوئيِّ يُمكِنُ للانعِكاسِ الداخليِّ الكُلِّيِّ طَلُّه لِيَرْتَدَّ مُنعَكِسًا على السَّطحِ الداخليِّ لِلِّيفِ عِدَّةَ مَلايينِ المَرَّات دُونَ أن يَضْعُفَ عن نَقْلِ إشارةٍ أو صُورة.



▲ السِّماتُ الدَّاكِنَةُ في أسْفَلِ هذه الصُّورةِ الفُوتُوغرافيَّةِ هي انعِكاساتٌ لِعَلاماتٍ تحتَ سَطْحِ الماء. والسَّطْحُ، من عَلُ، يَتلألأُ لأنَّه يَعْكِسُ ضوءَ الشَّمْسِ إلى فوق.



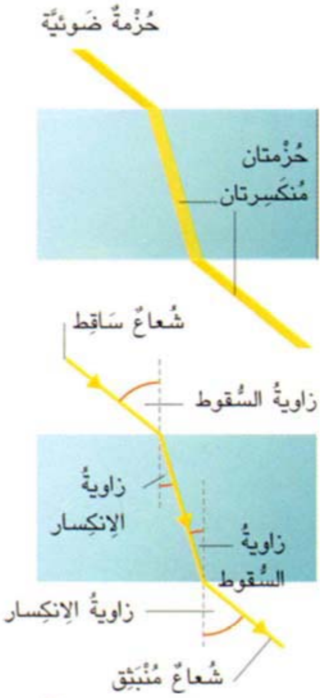
ضَوءُ القَمَر هو مُجَرَّدُ انعِكاسٍ لِضَوءِ الشَّمْس. الطيُورُ والأشجارُ في ضوءِ القَمَر تَبْدو صُوَرًا ظِلِّيَّةً لأنَّها تَعْتَرِضُ مَسارَ أشِعَّةِ ضَوءِ القَمَر.

أُنْظُر أيضًا

الضَّوء ص 260 – 261
الانكِسار ص 264 – 265
الاتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367

الإِنكِسار

الإنكسارُ تَغيُّرٌ في اتِّجاهِ أشِعَّةِ الضَّوءِ يَحدثُ عندَ انتِقالِ الضوءِ من مادَّةٍ شَفَّافةٍ إلى أُخرى تختلِفُ فيها سُرعةُ الضَّوء.



مُخطَّطُ الأشعَّةِ هذا يُبيِّن كيف يُغيِّرُ الإنكسارُ مَسارَ الضَّوءِ عندَ مُروره عَبْرَ كُتلةٍ زُجاجيَّةٍ مُكعَّبانيَّةِ الشَّكل. فعندما يعبُر الضوءُ من الهواءِ إلى الزُّجاج، تكونُ زاويةُ السُّقوطِ أكبرَ من زاويةِ الإنكسار. كذلك يَتغيَّرُ الإتِّجاهُ ثانيةً عندما يُغادِرُ الشُّعاعُ الكُتلَةَ الزُّجاجيَّةَ، بحيثُ يكونُ مَسارُ الشُّعاعِ المُنبَثِق مُوازيًا لِمَسارِ الشُّعاعِ السَّاقط.

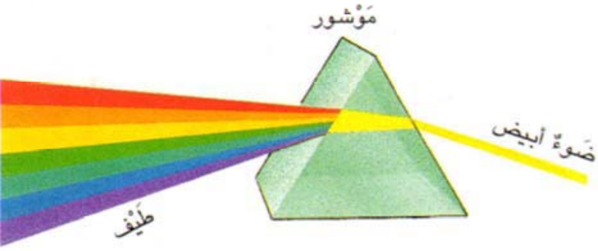
تَسْري أشِعَّةُ الضَّوءِ في خُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ عَبْرَ أيِّ مادَّةٍ أو وَسَطٍ شَفَّاف. وتعتمِدُ سُرعةُ الضوءِ على الوسَط الذي تَسْري فيه. إذا سقَطَ الضوءُ على سَطحٍ بينَ وَسَطَيْنِ شفَّافَين بزوايا قائمةٍ (90°)، فإنَّه يُتابعُ مسارَه في الإتِّجاهِ نَفْسِه. أمَّا أذا كان السُّقوطُ زاويًا غيرَ عموديٍّ، فإنَّ سُرعتَي الضوءِ المُختلِفتَيْن في الوَسَطَيْن تَجْعلان أشِعَّةَ الضوءِ تغَيِّرُ اتِّجاهَها. هذا التغَيُّرُ في الإتِّجاهِ يُسمَّى الإنكِسار.

الإنكِسارُ في الماء

عندما يُشاهَدُ جِسْمٌ تحت الماءِ من خارجِ الماء، فإنّه يَبْدو مُحَرَّفًا. ذلك لأنَّ الإنكسارَ يُغَيِّرُ اتِّجاهَ أشِعَّةِ الضوءِ الصَّادرةِ من الجِسْم. عندما تَدْخُلُ هذه الأشِعَّةُ عَيْنَي المُشاهِد، تُرسِلُ أعْصابُ العَيْنَيْنِ إشاراتٍ إلى دِماغِه. فيُكَوِّنُ منها الدِّماغُ صُورةً اعتِمادًا على المكانِ الذي يَبْدو أنَّ الأشِعَّةَ صَدَرتْ منه. ويقومُ الدِّماغُ بذلك دُون اعْتِبارٍ لتأثيراتِ الإنكِسار - فيَبْدو مَظْهرُ الجِسْمِ مُحرَّفًا. بالنِّسبة إلى ناظِرٍ قَشَّةِ الشُّرب في كُوبِ ماء، أشِعَّةُ الضوءِ من جُزْءِ القَشَّةِ تحت الماء تنكَسِرُ عندَ السَّطحَيْن بينَ الماءِ والزُّجاج وبينَ الزُّجاج والهواء، فتَبْدو الأشِعَّةُ آتيَةً من مَكانٍ أقْرَبَ إلى السَّطْحِ عمَّا هي عليه فِعْلًا، وتُرى القَشَّةُ مَحْنيَّةً. ولو يُنْظَرُ إلى القَشَّةِ من تحت الماء، فإنَّ جُزءَها فوق الماء سَيَبْدو مُحرَّفًا.

المَوشُورات وتَشَتُّتُ الضوء

تَتمايزُ ألوانُ الضوءِ المُختلِفةُ بأطوالٍ مَوجيَّةٍ مُختلِفة. ويعتَمِدُ مدَى انكِسارِ الضوء على طُولِه المَوجيّ. الأطوالُ المَوجيَّةُ الأَقْصرُ تَنكَسِرُ عَبْرَ زوايا أكبرَ من زوايا انكِسارِ الأطوالِ المَوجيَّةِ الأَطْول. وبفِعْل هذا الإختِلاف، يَنكسِرُ الضوءُ البَنَفْسجيُّ أكثَرَ من الضوءِ الأخضَر، الذي يَنكسِرُ بدَوْرِه أكثَرَ من الضوءِ الأَحْمَر. والتشتُّتُ هو فَصْلُ الأطوالِ المَوجيَّةِ هذا بفِعلِ الإنكِسار. إنَّ استِخْدامَ مَوْشُورٍ - مُجَسَّمٍ مُثَلَّثيِّ الوَجْهَين من الزُّجاجِ أو اللَّدائن - يُضاعِفُ ظاهِرةَ التَّشَتُّتِ عَبْرَ سَطحَي الموشور المُستَطيلين المُتقابلين. فعندما يَدْخُلُ الضوءُ الأبيَضُ مَوْشُورًا بزاويةٍ مُناسبة، فإنَّ التشَتُّتَ المُضاعَفَ عبر السَّطحين يَشْطُره إلى طَيْفٍ من الألوانِ المُختلِفة.



الضَّوءُ الأبيضُ هو مَزيجٌ من الألوان يَشْمَلُ الأَحْمَرَ والبُرْتُقاليَّ والأصفَرَ والأخضَرَ والأزرَقَ والنِّيليَّ والبنَفْسجيّ. إنَّ تَشتُّتَ الضَّوءِ الأبيض عَبْرَ مَوْشورٍ يُعطي هذا الطَّيْفَ من الألوان.

التَّشَتُّتُ وأقواسُ قُزَح

تَظْهرُ أقواسُ قُزَح عندما تَكْسِرُ قَطَراتُ المَطَر ضوءَ الشَّمْس القَويَّ وتعكِسُه. يَعْبُر الضوءُ إلى قَطَراتِ المَطَر ويَنْعكِسُ على قفاها، ثُمَّ يعبُر خارجًا منها. كُلُّ طُولٍ مَوجيٍّ من الضوءِ يَنْكَسِرُ عَبْرَ زاويةٍ مُختلِفةٍ قليلًا عن زوايا الأطوالِ المَوجيَّةِ الأُخرى في دخوله إلى قطرةِ المَطَر ثُمَّ عند خُروجِه منها. إنَّ كُلَّ قَطْرةِ مَطَرٍ تَعكِسُ جميعَ أطوالِ الضوءِ المَوجيَّة، لكنَّ المُشاهِدَ لا يَرى سِوى الألوانِ من القَطَراتِ التي هي في المَوقعِ الصحيحِ لِتكَسُّرَ الضوءِ إلى عَيْنَيْه. لذا فإنَّ قوسَ القُزَحِ الذي يَراه كُلُّ مُشاهِدٍ يعتمِدُ على مَوقعِ ذلكَ الشَّخْص.

التَّشَتُّتُ في العَدَسات

الإنكِسارُ يُغَيِّرُ مَظاهِرَ الأَجْسام ومَواقِعَها. فالصُّوَرُ التي نَراها تَخْتلِفُ عن الأَجْسام التي تُحدِثُها. والعَدَساتُ، المَصْنوعةُ عادةً من الزُّجاجِ أو اللَّدائنِ الشَّفَّافة، تَسْتَخْدِمُ هذه الظاهِرَةَ لإنتاجِ صُوَرٍ مُكَبَّرة.

مُنْذُ أكثَرَ من 300 سنة، اكتَشفَ العلماءُ كيفيَّةَ صُنْعِ المَقاريب (التِّلِسْكوبات) والمَجاهِر (الميكروسْكوبات) بِتَركيب عِدَّةِ عَدَساتٍ زُجاجيَّةٍ معًا داخلَ أنابيبَ خاصَّة. وسُرْعانَ ما وَجَدوا أنَّ التشَتُّتَ يَحِدُّ من قوَّةِ عَدَساتِهم. وقد





▲ تَبْدو قَشَّةُ الشُّربِ مُعْوَجَّةً لأنَّ الإنكِسارَ يَحْني أشِعَّةَ الضوءِ الواردةَ من الجُزْءِ الغاطِس (إلى اليمين). كما إنَّ شَكْلَ الكوبِ يَزيدُ من تأثيرِ هذه الظاهِرة.

تأتَّتِ المُشكِلةُ لأنَّ العَدَساتِ تَستَخْدِمُ انكِسارَ الضوءِ لإنتاجِ صُوَرٍ مُكَبَّرة. وحيثُ إنَّ كُلَّ طُولٍ مَوجيٍّ من الضوء يَنكَسِرُ بقَدْرٍ مُختلِفٍ، فإنَّ الصورةَ المَرئيَّةَ هي تَوليفَةٌ من صُوَرٍ مُختلِفةِ الألوانِ كُلٌّ منها ذاتُ حَجْمٍ مُختلِفٍ قليلًا. لذا كانت الصُّوَرُ التي تُكَوِّنُها المَجاهِرُ والمَقاريبُ البدائيَّةُ مُحاطةً بحَوافَّ هُدَّابيَّةٍ مُلَوَّنة. هذه الظاهِرةُ تُسَمَّى الزَّيْغَ اللَّوْنيّ.

بازدِيادِ قُدْرةِ التكبير تتعاظَمُ تأثيراتُ الزَّيْغِ اللَّونيِّ حتّى تبلُغَ حدًّا تَغْدو عنده الصُّوَرُ المُكَبَّرةُ خَليطًا مُشَوَّشًا من الأشكالِ المُتَراكِبَةِ المُلَوَّنة. الأجهِزَةُ البَصَريَّةُ الحَديثةُ تُخَفِّضُ مُشْكِلةَ الزَّيْغِ اللَّوْنيِّ باستِخْدامِ تَوليفاتٍ من العَدَساتِ المَصْنوعَةِ من أنواعٍ مُختلِفةٍ من الزُّجاج – بحيثُ يُنْتِجُ جُزْءٌ من التوليفةِ العَدَسيَّةِ صُورةً مُكَبَّرةً ذاتَ زَيْغٍ لَونيٍّ، فيما يُصَحِّحُ جُزْءٌ آخَرُ هذا الزَّيْغ. وتُصْنَعُ بعضُ العَدَساتِ من قِطَعِ زُجاجٍ مُختلِفِ النوعيَّةِ تَتلاقَقُ معًا باستِكْنانٍ مُحْكَم.

مُعامِلُ الانكسار

يَحْدُثُ الانكِسار لأنَّ الضوءَ يَسْري بِسُرعاتٍ مُختلِفةٍ في الأوساطِ المُختلِفة. وكُلَّما ازدادَ فَرْقُ سُرعةِ الضَّوءِ في وَسَطين مُعيَّنين، تَزدادُ ظاهِرةُ الانكِسار عند الحَدِّ الفاصِلِ بَيْنهما. يَسْتَخْدِمُ العلماءُ عددًا يُسَمَّى مُعامِلَ الانكِسار لقِياسِ قُوَّةِ الكَسْرِ للمادَّة. ومُعامِلُ الانكِسار لمادَّةٍ مُعَيَّنةٍ هو سُرعةُ الضوءِ في الخَواءِ مَقْسُومةً على سُرعةِ الضوءِ في تلك المادَّة. ويُعْطَى مُعامِلُ الانكِسار عادةً بالنِّسبةِ للضوءِ الأَصْفَر، الذي يتوَسَّطُ الطَّيْفَ المَرئيَّ، لكِنَّ القيمةَ الصحيحةَ تعتمِدُ على الطولِ المَوجيّ.

سُرعةُ الضوءِ عَبْرَ الخواءِ هي الأعلى، لذا فإنَّ مُعامِلَ الانكِسار لأيِّ مادَّةٍ هو دائمًا أكثَرُ من واحد. فمُعامِلُ الانكِسار للزُّجاجِ، مثلًا، يُساوي 1,52 وللْماس 2,42. أمَّا بالنِّسبةِ إلى الهواءِ فهو فقط أكثَرُ قليلًا من واحد.

مُعامِلُ الانكِسار مُهِمٌّ في تَصْميمِ الأَجْهزةِ البَصَريَّة. ذلك لأنَّ العدسَةَ المصنوعةَ من مادَّةٍ ذاتِ مُعامِلِ انكِسارٍ كبير تُكَبِّرُ أكثَرَ من عدسَةٍ، بالشَّكْلِ نَفْسِه، لكِنَّها ذاتُ مُعامِلِ انكِسارٍ أقَلّ.

وَسَط	مُعامِلُ الانكِسار
الأَسِيتون	1,36
الهواء	1,00
البِنْزين (البِنْزول)	1,50
الزُّجاجُ التاجيّ (الشديد الصفاء)	1,52
الماس	2,42
الإيثانول	1,36
الزُّجاجُ الظَّرانيّ	1,66
البولِسْتيرين	1,59
الكوارتْز	1,46
كلوريد الصوديوم البلّوري	1,53
الماء	1,33

مُعامِلُ انكِسارِ أيِّ وَسَطٍ، أو مادَّةٍ شَفَّافة، هو سُرعةُ الضوءِ في الخَواءِ مَقْسومةً على سُرعةِ الضوءِ في ذلك الوَسَط. ويَحْدُثُ الانكِسارُ عندما يَمُرُّ الضوءُ بينَ وَسَطَيْن مُخْتلِفَي مُعامِلِ الانكِسار.



في ظروفٍ جَوِّيَّةٍ مُعَيَّنة، تَكْسِرُ بلّوراتُ الجليد في أعالي الجَوِّ ضَوءَ القَمَر وتُشَتِّتُه، مُسَبِّبةً ظاهِرةً هاليَّةً رائعةَ المَنْظَر.



الانكِسارُ يَحْني أشِعَّةَ الضَّوءِ الواردةَ من أجْسامٍ تحتَ الماء عند مُرورِها عَبْرَ السَّطْح. في هذه الصورة، يُسَبِّبُ انكِسارُ الضوءِ عَبْرَ تَمَوُّجاتِ البِرْكة مَظْهرًا مُشَوَّشًا للأجزاءِ الموجودة تحت سَطْحِ الماء من أجسادِ هؤلاءِ الناس.



▲ سُرعةُ الضوءِ في الماسِ أقَلُّ من نِصْفِ سُرعتِه في الهواء. انكِسارُ الضوءِ الأبْيضِ وتَشَتُّتُه القويَّان عَبْرَ الوُجوهِ المُزَوَّاةِ لِماسَةٍ مَصْقولةٍ يَجْعلانِها تَتَلألأُ مُتألِّقةً بِمُخْتلفِ الألوانِ عند تَحْريكِها.

أُنْظُر أيضًا

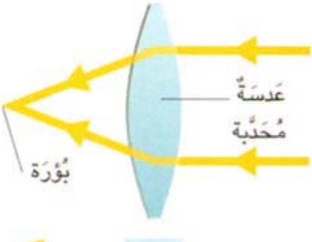
العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسة ص 266 – 267
الميكروسْكوبات (المَجاهِر) ص 268 – 269
التلِسْكوبات (المَقاريب) ص 270 – 271
سُرعةُ الضَّوء ص 284

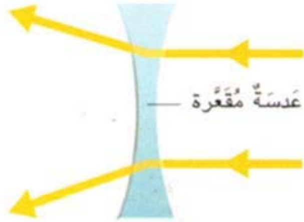
العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسة

العَدَساتُ قِطَعٌ مُقَوَّسَةٌ من مَوادَّ شَفَّافةٍ. وهي، كالمرايا المُقَوَّسَةِ، تُنتِجُ صُوَرًا أكبَرَ أو أصغَرَ للأجْسامِ المَوضوعةِ أمامَها.



العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسَةُ تكَوِّنُ صُوَرًا أكبَرَ أو أصغَرَ للأجْسامِ المُصَوَّرة. وتُساعِدُ مُخَطَّطاتُ الأشِعَّةِ في تَصوُّرِ كيفيَّةِ حُدوثِ ذلك بتِبْيانِ مَساراتٍ بِضْعِ أشِعَّةٍ ضَوئيَّة - بخاصَّةٍ تلكَ التي تَرْطُمُ المِرآةَ أو العَدَسةَ مُوازيةً لِمحْورِها الرئيسيّ، أو خَطِّها المَرْكزيّ.

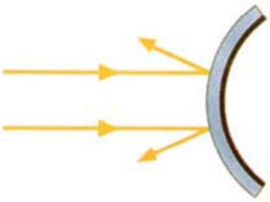




مُخَطَّطا الأشِعَّةِ أعلاه يُبَيِّنان مسارَ الضوءِ عَبْرَ العَدَسات. فالعَدَسَةُ المُحَدَّبَةُ تُكَوِّنُ صورةً حقيقيَّةً مُكَبَّرةً أو مُصَغَّرةً بِجَعْلِ أشِعَّةِ الضوءِ تَتَلاقى في بُؤرة. والعَدَسَةُ المُقَعَّرةُ تُكَوِّنُ صورةً مُصَغَّرةً تقديريَّةً بِجَعْلِ أشِعَّةِ الضوءِ تَتَباعَدُ (أو تَتَفَرَّقُ) عن خَطِّ العَدَسَةِ المَرْكزيّ.

المَرايا المُقَعَّرة

المِرآةُ المُقَعَّرةُ تَتَقَوَّسُ نحو الدَّاخِلِ وتَعْكِسُ الضوءَ نحو دَواخِلِ التقَوُّس. والأشِعَّةُ المُرْتَطِمةُ بالمِرآةِ مُوازِيَةً لِمحْورِها الرَّئيسيِّ تَنْعكِسُ كُلُّها في نُقْطةِ البُؤرة. والمَسافَةُ بين هٰذه النُّقْطةِ والمِرآة تُسَمَّى البُعْدَ (الطُّولَ) البُؤريّ. وتَزْدادُ قُوَّةُ تكبيرِ المِرآة بتَناقُصِ البُعْدِ البُؤريّ. ويعتَمِدُ طولُ البُعْدِ البُؤريّ على مِقدارِ تقَوُّسِ المِرآة. فالمِرآةُ الأكثَرُ تقَوُّسًا تكونُ ذاتَ بُعْدٍ بُؤريٍّ أقْصَر ونِسبَةِ تَكْبيرٍ أقوى.



الغِشاءُ العاكِسُ المُضادُّ لِلْبَهَر على عَدَسَتَي هذه النظَّاراتِ الشَّمسيَّةِ يَجْعَلُها تَسْلُكُ كالمَرايا المُحَدَّبة. فالأشِعَّةُ المُتوازية تَنْعَكِسُ نحو الخارج، مُكَوِّنَةً صُوَرًا مُقَلَّصَةً أصغَرَ حَجْمًا.

المَرايا المُحَدَّبة

المَرايا المُحَدَّبةُ مُقَوَّسَةٌ كالمَرايا المُقَعَّرة. لكِنَّ سَطْحَها المِرآويَّ هو الجانِبُ الخارجيُّ من التقَوُّس. فعندما تَرْطُمُ أشِعَّةُ الضوءِ المُتوازيةُ مِرآةً مُحَدَّبةً، فإنَّها تَنْعكِسُ نحو الخارج. وتكونُ نُقْطةُ البُؤرةِ للمِرآة المُحَدَّبة في مَوقعٍ خَلْفَ المِرآة تَبْدو الأشِعَّةُ المُنْعكِسَةُ كأنّها وارِدَةٌ منه. وكُلَّما ازدادَ قِصَرُ البُعْدِ البُؤريّ في المِرآةِ المُحَدَّبة، تَزْدادُ الصورةُ المُنْعكِسَةُ صِغَرًا.

خَطُّ المِرآةِ أو العَدَسَةِ المَرْكزيُّ يُسَمَّى مِحْوَرَها الرئيسيّ. إنَّ أيَّ شُعاعٍ يَرْطُمُ مِرآةً مُقَعَّرةً مُوازيًا لِمحْوَرِها الرئيسيِّ يَنْعكِسُ مارًّا عَبْرَ نُقْطةٍ تُسَمَّى نُقْطةَ البُؤرةِ الرئيسيَّةَ للمِرآة.



المَنْظَرُ وقُوَّةُ التَّكْبير

المَرايا المُسَطَّحةُ (أي المُسْتَوية) تُكَوِّنُ صُوَرًا غيرَ مُشَوَّهةٍ وغيرَ مُكَبَّرة. المِرآةُ المُقَعَّرةُ ذاتُ الحَجْمِ نَفْسِه، تُعطي مَنْظَرًا مُكَبَّرًا لِمساحَةٍ أصغَرَ من الجِسْمِ الواقعِ ضِمنَ بُعْدِها البُؤريّ - لذا يُقالُ إنَّ للمِرآةِ المُقَعَّرةِ زاويةَ مَنْظرٍ أصغَرَ. إنَّ قُوَّةَ تكبيرِ المِرآةِ المُقَعَّرةِ هي عَدَدُ المرَّاتِ الذي تَبْدو فيه الصُّورةُ أكبَرَ من الجِسْمِ الأَصْليِّ المَنْظور. فالمرايا المُقَعَّرةُ مُفيدةٌ حيثُ تَقْتَضي الحاجةُ مَنْظرًا تَفْصيليًّا لِمساحةٍ صغيرة؛ كمرايا الحَمَّام المُقَعَّرةِ التي تُساعِدُ في الحِلاقةِ أو التَّزَوُّق (المكياج).

المَرايا المُحَدَّبةُ ذاتُ زاويةِ مَنْظرٍ أوسَعَ من المَرايا المُسَطَّحة، لكِنَّها تُكَوِّنُ صُوَرًا مُصَغَّرةً. فالمِرآةُ المُحَدَّبةُ تَعْكِسُ من المَنْظرِ أمامَها أكثَرَ من أيِّ مِرآةٍ أُخرى، لكنْ أقَلَّ تَفْصيلًا. كثيرٌ من الحوانيت تَحْوي مَرايا أمانٍ مُحَدَّبَةً كبيرةً مُرَكَّبةً عاليًا فوق رؤوسِ الزَّبائن، تُعْطي مناظِرَ سُفْليَّةً واسِعَةَ الزاوية تَشْمَلُ أجزاءً هي عادةً مَحْجُوبةٌ عن النَّظَر. وهي تُسْتَخْدَمُ غالبًا في تَوليفاتٍ مع كاميراتٍ فيديُويَّة، فتُتيحُ زاويةَ مَنْظرٍ أوسَعَ ضِمْنَ إطارِ الصُّورة. مَرايا قِيادةِ السيَّارات مُحَدَّبَةٌ قليلًا - فتُتيحُ للسائقِ رُؤيةَ مَنْظرٍ أوسَع خَلْفَ السيَّارة.



تُكَوِّنُ المِرآةُ المُقَعَّرةُ صُورةً مُكَبَّرةً تقديريَّةً للجِسْمِ المَوضوعِ أمامَها على مَسافةٍ أقَلَّ من البُعْدِ البُؤريّ. لكِنَّ المِساحَةَ التي يُمكِنُ رُؤيتُها هي أصغَرُ من تِلكَ التي يُمكِنُ رُؤيتُها في مِرآةٍ مُسْتَوية.

العَدَسات

بَصَرِيّاتُ العَدَسات مَثيلةٌ لِبَصَرِيّاتِ المَرايا، لكِنَّ العَدَسةَ تؤثّرُ في مَنْظَرِ جِسْمٍ خَلْفَها فيما تُؤثّر المِرآةُ في مَنْظَرِ الجِسْم المَوضوع أمامَها.

العَدَساتُ تَعْمَلُ بِكَسْرِ الضوءِ عِند سُطوحِها. فتَنْحني الأشِعَّةُ عندَ دُخولِها العَدَسةَ من الهواء؛ ثُمَّ تَنْحني بالانكِسار ثانيةً عندَ خُروجِها عَبْرَ الجانِبِ المُقابِلِ من العَدَسة.

العَدَساتُ عادةً مُدوَّرةُ الشَّكْل وتُصنَعُ من الزُّجاج أو اللَّدائنِ الصافيةِ الشفافيَّة. العَدَساتُ المُحَدَّبةُ أسمَكُ في الوَسَط منها في الحوافِّ الخارجيَّة. والعَدَساتُ المُقَعَّرةُ أرَقُّ في الوَسَطِ منها في الحوافِّ الخارجيَّة.

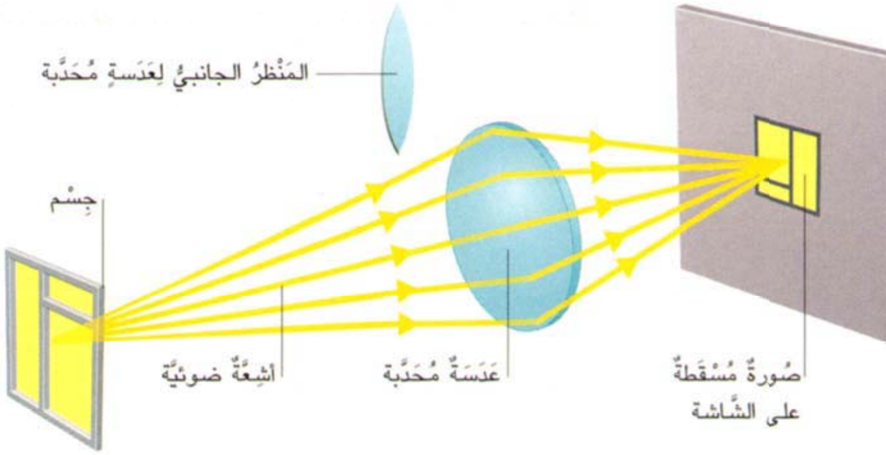
العَدَساتُ المُقَعَّرة

العَدَساتُ المُقَعَّرة تُسَمّى أيضًا العَدَساتِ المُفَرِّقةَ لأنّها تَحْني الأشِعَّةَ المُتوازيةَ بعيدًا بعضَها عن بعض. بُؤرةُ العَدَسةِ المُقعَّرة تَقَعُ في نُقْطةٍ خَلْفَ العَدَسةِ حيث تَبْدو أشِعَّةُ الضوءِ كأنَّها واردةٌ منها. وتَبْدو الأجْسامُ أصغَرَ عَبْرَ عدسةٍ مُقَعَّرة، تمامًا كما هي الحالُ في مِرآةٍ مُحَدَّبة. وبازدِيادِ حِدَّةِ التقوُّسِ يَتَناقَصُ البُعْدُ البُؤريُّ وتَصْغُر الصُّورة.

الاستِعمالُ الأكثَرُ شُيوعًا للعَدَساتِ المُقَعَّرةِ هو في نَظّاراتِ المُصابين بِقِصَرِ البَصَر (الحَسَر). وتُسْتَخْدَمُ العَدَساتُ المُقَعَّرةُ أيضًا في العَدَساتِ المُرَكَّبةِ للكاميراتِ والتِلِسْكوباتِ والميكروسْكوبات. وتكونُ مُلاقَقةً بإحكامٍ قُبالَةَ التقَوُّساتِ الخارجيَّةِ لِعَدَساتٍ مُحَدَّبةٍ مَصنوعةٍ من موادَّ أخرى. العَدَساتُ المُرَكَّبةُ تُخَفِّضُ الزَّيْغَ اللونيَّ الذي يُغَبِّشُ الصُّوَر – كَوْنَ الأطْوالِ المَوجيَّةِ المُختلِفةِ للضَّوء تُكَبَّرُ بِمَقاديرَ مُختلِفةٍ قليلًا.

العَدَساتُ المُحَدَّبة

العَدَساتُ المُحَدَّبةُ، أو اللّامَّةُ، تَحْني أشِعَّةَ الضوءِ نحو بَعْضِها. وهي تَحْني الأشِعَّةَ المُتوازيةَ نَحو نُقْطةِ تَلاقٍ تُسَمّى البُؤرةَ الرَّئيسيَّة. البُعْدُ البُؤريُّ هو المَسافةُ بين البُؤرةِ الرئيسيَّةِ والعَدَسة. تُسْتَخْدَمُ العَدَساتُ المُحَدَّبةُ في العَدَساتِ المُكَبِّرة وفي نَظّاراتِ المُصابين بِمَدِّ البَصَر (الطَّرَح). وبتَرْكيزِها ضوءَ الشَّمْس في نُقْطتِها البُؤريَّةِ يُمكِنُ استِخْدامُ العَدَسةِ المُحَدَّبةِ لإشعالِ الوَرَقِ أو الموادِّ اللَّهوبةِ الأُخرى.



▲ يُمكِنُ استِخْدامُ عدسَةٍ مُحَدَّبةٍ لِتَبْئير الضوءِ الصادِرِ من جِسْمٍ على شاشةٍ أو سِتارة. الصُّورةُ مَقْلوبةٌ رأسًا على عَقِبٍ ومَعْكوسةٌ يمينَ يَسار.



▼ العَدسَةُ المُحَدَّبةُ في عدَسةٍ مُكَبِّرةٍ تُبَئِّرُ أشِعَّةَ الضوءِ نَحو نُقْطةٍ لِتَكْوِّنَ صُورةً مُكَبَّرة. ويُقال إنَّ الصُّورةَ تَقْديريَّةٌ لأنّه لا يُمكِنُ إسقاطُها على شاشة.



▲ العَدسَةُ المُكَبِّرةُ تَسْتَخْدِمُ عَدسَةً مُحدَّبةً لِتَبَيُّنِ تَفاصيلَ دَقيقةٍ يَتَعَذَّرُ رُؤيتُها بالعَيْن البَشَريَّةِ المُجَرَّدة.



المِرآةُ الرَّئيسيَّةُ في تلِسْكوب هَبِلَ الفَضائيّ يَبْلُغُ قُطْرُها 2,4 متر. وهي مُصَمَّمةٌ لِتَجْمعَ القَدْرَ الأقْصَى المُمكِنَ من الضوءِ المُنْبَعِثِ من نُجُومٍ أو مَجَرّاتٍ نائيَة.

اُنْظُر أيضًا

الإنعِكاسُ والإمتِصاص ص 262 – 263، التلِسْكوبات (المَقاريب) ص 270 – 271

المِيكروسْكُوبات (المجاهِر)

تُكَوِّنُ المَجاهِرُ (الميكروسْكُوبات) صُوَرًا مُكَبَّرَةً لأَجْسامٍ دقيقةٍ أصغَرَ من أنْ تُرى بالعَيْنِ المُجَرَّدة. المَجاهِرُ الإلكترونيَّةُ يُمكِنُ أنْ تُكبِّرَ حتَّى قُرابَةِ 200 000 مَرَّة.



عالِمُ الطبيعيَّات الهُولَنديّ أنطوان ڤانْ لوويْنهوك (1632 – 1723) كانَ أوَّلَ مَن استَخْدَمَ عَدَساتٍ مُكَبِّرةً لدِراسةِ البَكتِريا وخلايا الخَمائر وكُرَيَّاتِ الدَّم.

العَيْنُ البَشَرِيَّةُ تَسْتطيعُ رُؤيَةَ الأجْسامِ الصَّغيرةِ بِحُدودِ ما قُطْرُه حوالى عُشْرَ المِليمِتْر. لكِنْ حتَّى كبارُ البَكتِريا والمُتَعَضِّياتُ الوَحيدة الخليَّة الأُخرى أصغَرُ من ذلك بمِئةِ مرَّة؛ والفَيْروساتُ (الحُمَات) أصغَرُ من ذلك بعَشَراتِ أُلوف المرَّات. خِلالَ الـ 350 سنةً الماضيةِ، جعلَتِ الميكروسْكُوباتُ رُؤيَةَ أمثالِ هذه الأَجْسامِ الدقيقة مُمْكِنةً؛ حَتَّى إنَّ بعضَ الميكروسْكوبات الإلكترونيَّة الحديثة هي من القُوَّةِ بحيثُ تَسْتَبينُ الذرَّاتِ إفراديًّا.

المَجاهِرُ الضَّوئيَّة

تَسْتَخْدِمُ المَجاهِرُ الضوئيَّةُ عَدَساتٍ لِتكوينِ صُوَرٍ مُكَبَّرةٍ بانكِسارِ الضَّوء. المجاهِرُ الأُولى رُبَّما كانت المجاهِرَ المُرَكَّبَةَ التي صُنِعَتْ في التِّسْعينيَّاتِ من القَرْنِ السادِسَ عَشَر على يَدِ صانع الأدوات الهُولَنْديِّ زَاخارْياس جانْسِن (1580 – 1638). وتُسَمَّى مَجاهِرَ مُرَكَّبةً لأنَّها تَسْتَخْدِمُ توليفَةً من العَدَساتِ لِتكوينِ الصُّوَر.

في أواخِرِ القَرْنِ السابعَ عَشَرَ، استَخْدَمَ روبَرْت هُوك (1635 – 1703) مِجْهرًا مُرَكَّبًا في رَسْمِ صُوَرٍ مُفَصَّلةٍ للخلايا والحيَواناتِ الفائقةِ الصِّغَر. وقد ظَلَّت قُوَّةُ التكبيرِ في المَجاهِرِ مَحْدودةً بتأثيرِ التعوُّج والتَّشَوُّه حتَّى عامَ 1830 حين ابتُكِرت العَدَساتُ الخفيضةُ التَّشَوُّه. وفي عام 1865، ساعَدَتِ المَجاهِرُ الكيميائيَّ الفرَنْسيَّ لويس باستور (1822 – 1895) على تِبْيانِ أنَّ الأمراضَ المُعْدِيَةَ تُسَبِّبُها مُتَعَضِّياتٌ دَقيقة.



في العام 1665، نَشَر العالِمُ البريطانيُّ روبَرْت هُوك (1635 – 1703) رَسْمَ البُرْغوثِ هذا في كتابِه «ميكروغْرافيا». وقد رَسَمه هُوك بِدِقَّةٍ كما شاهَدَهُ عَبْرَ مِجْهَرِه.

حَدُّ الاستِبانة

حتَّى باستِخْدامِ عَدَساتٍ خالِيَةٍ تمامًا من التشَوُّه، فإنَّ المَجاهِرَ الضوئيَّةَ لَنْ تَتَمَكَّنَ من استِبانةِ الأشياءِ، أو رُؤيةِ التَّفاصيل، إلَّا للأَجْسامِ الأكبَرِ من الطُّولِ المَوجيِّ للضوءِ المَرْئيِّ الذي يبلُغُ حوالى 500 نانومِتْر – أي بقوَّةِ تكبيرٍ حوالى 2000 مرَّة.



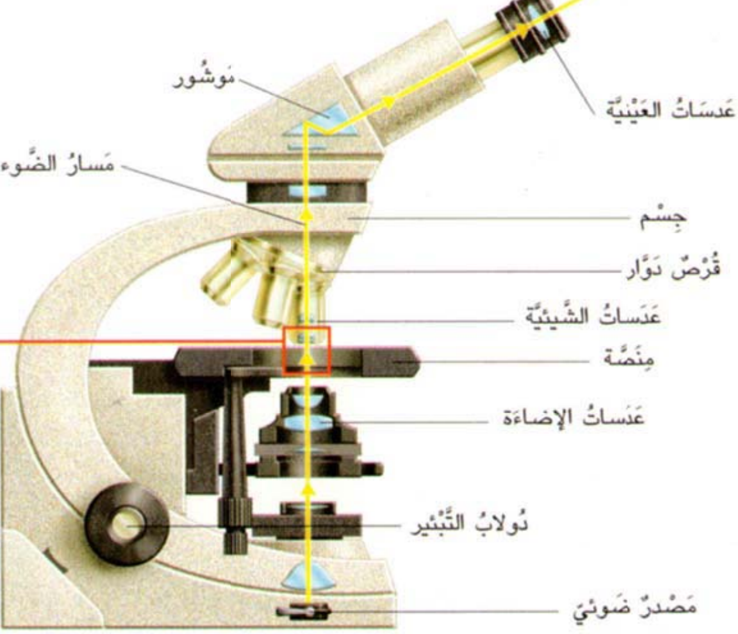
تألَّفَ مِجْهَرُ ڤانْ لوويْنهوك من عَدَسَةٍ واحدةٍ كانَ يَحْمِلُها قريبًا من عَيْنِه لِيَتَفَحَّصَ العَيِّنات.

المَجاهِرُ الضوئيَّةُ الحديثة

تَبْدو المَجاهِرُ الضوئيَّةُ الحَديثةُ مُخْتَلِفةً جدًّا عن المجاهِرِ الأقْدَم، لكنَّها تعمَلُ حسَبَ المَبادِئِ ذاتِها. تُوَضَّعُ عَدَساتُ الشيئيَّةِ الصغيرةُ بالقُرْبِ من العَيِّنة، وتُكَوِّنُ الصُّورةَ عَدَساتُ العَيْنيَّة. ويُوجَدُ عادةً ثلاثُ مَجْموعاتٍ أو أكثَرُ من العَدَساتِ الشَّيئيَّةِ مُرَكَّبَةً على قُرْصٍ دَوَّار. وتَطِقُّ كُلُّ مَجْموعةٍ مُتَّخِذَةً مَوقِعَها لِتُعطي قُدُراتٍ تكبيريَّةً مُخْتلِفة. ويُفْتَرضُ في العَيِّناتِ أنْ تكونَ رَقيقةً بما فيه الكِفايةُ كي يَسْطَعَ الضوءُ عَبْرَها. وقد تُلَوَّنُ العَيِّناتُ بأصباغٍ مُخْتلِفةٍ وتُوَضَّعُ على شَرائحَ زُجاجيَّةٍ مُنْزَلِقَةٍ تُحَرَّكُ بِسُهولةٍ على مِنَصَّةِ المِجْهَر. ويُوجَدُ أيضًا مِصْباحٌ كهربائيٌّ يُشِعُّ ضوءَه صُعُدًا عَبْرَ العَيِّنة.



صُنِعَ المِجْهَرُ المُرَكَّبُ أعلاه حوالى عام 1675. وهو مُماثِلٌ للمِجْهَرِ الذي استَخْدَمَه روبَرْت هُوك.





هذه الصُّورةُ، المُعايَنةُ عَبْرَ مِجْهَرٍ ضَوئيّ، مُكَبَّرةٌ 200 مرَّة. وهي تُبَيِّنُ خَليَّةً مُفْرَدةً من طُحْلُبِ الميكراسْتِرْيَاز.

مَجاهِرُ إلكترونيَّةٌ إنفاذيَّة

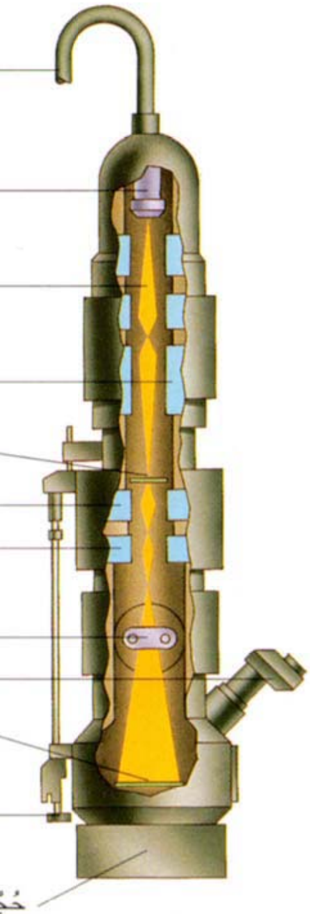
تَحْوي مِدْفعةُ الإلكتروناتِ للمِجْهَرِ الإلكترونيّ فَتيلةً من التَّنْجِسْتِن تُحْمَى إلى دَرجةِ 2500°س، فتَنْبَعِثُ إلكتروناتٍ تُسَرِّعها مَجالاتٌ كهربائيَّةٌ عاليةُ الفُلْطيَّة. الحُزْمةُ الإلكترونيَّةُ تَمُرُّ عَبْرَ مِغْنَطيساتٍ كَهْربيَّةٍ دائريَّةٍ تعمَلُ كالعَدَسات - فتَتَبَأَّرُ الحُزْمةُ في النُّقْطةِ التي تَمُرُّ منها عَبْرَ العَيِّنة. وتُكَوِّنُ الإلكتروناتُ صُورةً عندما تَرْطُمُ شاشةً فَلْوريَّةً تحتَ العَيِّنة. وتُشاهَدُ الصورةُ عَبْرَ عَدَساتٍ عَيْنِيَّةٍ مَثيلةٍ لتِلكَ المُستَخْدَمةِ في المَجاهِرِ الضَّوئيَّة. وتَعْمَلُ مِضَخَّةٌ على إزالةِ الهواءِ من المِجْهَرِ لِمَنْعِ جُزَيئاتِ الغازِ من استِطارةِ الإلكتروناتِ وتَشْتيتِها.



▲ الفيزيائيُّ والمُهَنْدسُ الرُّوسيُّ المَوْلِد ڤلاديمير زُوركين (1889 - 1982) طوَّرَ المَجاهِرَ الإلكترونيَّةَ الأُولى خِلالَ الثلاثينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين في الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة.



◄ هذه الصورةُ تُبَيِّنُ جُرثُومَ السَّلْمونِلَّةِ مُكَبَّرًا 13 000 مرَّةٍ بالمِجْهرِ الإلكترونيِّ الإنفاذيّ. إنَّ أمثالَ هذه الجراثيمِ مَسْؤولةٌ عن نوعٍ مُعَيَّنٍ من التَّسَمُّمِ الغذائيّ.



المَجاهِرُ الإلكترونيَّة

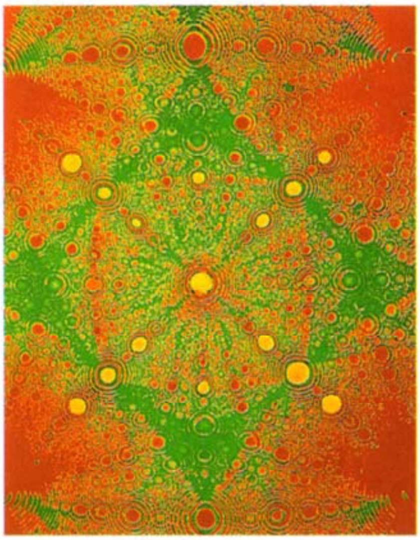
بإمكانِ المَجاهِرِ الإلكترونيَّةِ تحقيقُ قُوَّةِ تكبيرٍ تَبْلُغ 200 000 مَرَّة. ذلك لأنَّها تُكَوِّنُ الصُّوَرَ باستِخْدامِ الإلكتروناتِ بَدَلَ الضَّوء. الإلكتروناتُ جُسَيْماتٌ تَسْلُكُ كالتَمَوُّجاتِ ذاتِ الأطوالِ المَوجيَّةِ الفائقةِ القِصَر. وبازديادِ سُرْعَتِها تَقْصُرُ أطوالُها المَوجيَّةُ فتَزْدادُ إمكانيَّةُ التكبير. تُبأَّرُ الحُزَمُ الإلكترونيَّةُ بواسِطةِ مَجالاتٍ مِغْنَطيسيَّةٍ وليْسَ بِعَدَساتٍ زُجاجيَّة.

هنالك نوعان رَئيسيَّانِ من المَجاهِرِ الإلكترونيَّةِ هما المِجْهَرُ الإلكترونيُّ الإنفاذيّ والمِجْهَرُ الإلكترونيُّ المَسْحِيّ (أو التفريسيّ). لقد طُوِّرَتِ المجاهِرُ الإلكترونيَّةُ الإنفاذيَّةُ في الثلاثينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين. وهي بإطْلاقِ حُزْمَةٍ إلكترونيَّةٍ عَبْرَ عَيِّنةٍ رَقيقةٍ تَسْتطيعُ تِبْيانَ تفاصيلِ الخلايا والفَيْروسات. المَجاهِرُ الإلكترونيَّةُ المَسْحِيَّةُ (التفريسيَّة) التي طُوِّرَتْ في السِّتينيَّاتِ من القَرْن العِشْرين، تَمْسَحُ حُزْمةً من الإلكتروناتِ عَبْرَ سَطْحِ العَيِّنة. هذه الحُزْمةُ تَبْتَعِثُ إلكتروناتٍ من العَيِّنةِ وتُوَلِّدُ إشارةً تُنْتِجُ صورةً مُجَسَّمةً (ثلاثيَّةَ الأَبْعاد) على شَاشةِ المُراقَبة.

مَجاهِرُ أُخرى

تَسْتَخْدِمُ مَجاهِرُ الاختِصاصيِّين أساليبَ مُتعَدِّدةً لتَحقيقِ نِسَبِ تكبيرٍ تَبْلُغُ مِليونًا أو أكثر. فمَجاهِرُ الأَيُوناتِ المَجاليَّة، مثلًا، تَسْتَخْدِمُ مَجالاتٍ كهربائيَّةً قويَّةً لِاقتِلاعِ الإلكتروناتِ من عَيِّناتٍ فِلِزِّيَّة. هذه الإلكتروناتُ تُكَوِّنُ صُورةً أثناءَ ارتطامِها بشاشةٍ مُقَوَّسَةٍ حولَ العَيِّنة.

أمَّا مَجاهِرُ القُوَّةِ الذرِّيَّةِ ومَجاهِرُ المَسْحِ والسُّروبِ النَّفَقيّ فتَسْتَخْدِمُ مسابرَ دقيقةً تُحَرِّكُها عَبْرَ سُطوحِ العَيِّنات. ويُحَلِّلُ حاسوبُ الإشاراتِ الواردةَ من المِسْبَرِ لِيُكَوِّنَ صُورةً على شاشةِ المُراقبة. ويُمكِنُ لِنَوْعَي هذه المَجاهِرِ تِبْيانُ نَسَقِ تراتُبِ الذرَّاتِ في الموادّ - عِلْمًا أنَّ مجاهِرَ المَسْحِ والسُّروبِ النَّفَقيِّ لا تَعْمَلُ إلَّا في العَيِّناتِ المُوَصِّلةِ للكَهْرباء؛ فيما يُمكِنُ لِمَجاهِرِ القُوَّةِ الذرِّيَّةِ تَصْويرُ الجُزَيئاتِ غَيْرِ المُوَصِّلةِ - كجُزَيْءِ د ن أ.



▲ هذه الصُّورةُ، من مِجْهَرِ الأَيُوناتِ المَجاليّ، المُكَبَّرةُ 200 000 مرَّة تُبَيِّنُ تَرْتيبَ الذَّرَّاتِ (باللَّونِ البُرْتُقاليّ) في رَأسِ إبْرةٍ بلاتينيَّة.



► هذه الصورةُ المِجْهَرِيَّةُ بالتَّفْريسِ (المَسْحِ) الإلكترونيّ تُبَيِّنُ بكتريا التريبونيما (بالأزرق) مُلْتَصِقةً بباطِنِ مِعًى بَشَريٍّ (بالوَرْديّ). الصُّورةُ مُكَبَّرةٌ 8000 مرَّة.

أُنْظُر أيضًا

التِّقانيَّاتُ الطِّبِّيَّة ص 142 - 143

العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسَة ص 266 - 267

الحواسيب ص 376 - 377

التِّلِسْكوبات (المَقاريب)

تُكَوِّنُ التِّلِسْكوباتُ صُوَرًا مُكَبَّرةً للأَجْسامِ أو الأَشياءِ البعيدة. المَقاريبُ الفَلَكيَّةُ تَجْمَعُ الضوءَ، أو الأنواعَ الأُخرى من الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّة، من الفَضاء.



كانَتْ قُوَّةُ التكبيرِ في مِقْرابِ غاليليو غاليلي الكاسِرِ 20 مرَّةً. وقد استَخْدمَه غاليليو، عامَ 1609، لِمُراقَبةِ كَوكَبِ الزُّهَرة؛ واستَطاعَ به اكتِشافَ الأَرْبعةِ أقمارِ الرئيسيَّةِ من أقمارِ المُشْتَري.

المِقْرابُ الأَوَّلُ صُنِعَ عام 1608 على يَدِ صانعِ الآلاتِ الهُولَنْديِّ هانْس ليپَّرْشي (1570 – 1619). وقد تألَّفَ هذا المِقْرابُ من عَدَسَتَيْن مُرَكَّبَتَيْن في طرَفَي أُنبوب. وفي السَّنةِ التالية، استَخْدمَ الفيزيائيُّ والفَلَكيُّ الإيطاليُّ غاليليو غاليلي (1564 – 1642) المِقْرابَ البَصَريَّ للمَرَّةِ الأُولى في الدِّراساتِ الفَلَكيَّة.

التِّلِسْكوباتُ البَصَريَّة

تَجْمَعُ التِّلِسْكوباتُ البَصَريَّةُ الضوءَ من الأَجْسامِ والأشياءِ النائيَةِ وتُكَوِّنُ لها صُوَرًا مُكَبَّرةً. هنالكَ نَمَطانِ رَئيسيَّانِ من التِّلِسْكوبات هما الكاسِرةُ والعاكِسَة. التِّلِسْكوباتُ الكاسِرَةُ تَسْتَخدِمُ عدسَةً كبيرةً في المُقدّمة لِتَجْميع الضوء – فيما تَسْتَخدِمُ التِّلِسْكوباتُ العاكسَةُ مرآةً مُقَعَّرةً لهذا الغَرض. لكِن كلا النَّمطَيْن يَسْتَخدِمان عدَساتٍ عَيْنيَّةً لِتكوينِ الصُّور.

عَدَساتُ المَقاريبِ الكاسِرَةِ الأُولى كانت تُصْنَعُ من زُجاجٍ خَفيضِ النوعيَّة؛ فكانت تُكوِّنُ صُوَرًا غَبِشَةً مُحاطةً بهالاتٍ مُلَوَّنةٍ مُشَوَّشة. والمِقْرابُ العاكِسُ، الذي طَوَّرَه إسحٰق نيوتُن (1642 – 1727) عامَ 1668، تجاوزَ هذه المشاكلَ إلى حَدٍّ كبير، لكِنَّه عانى من مَشاكِلَ أُخرى. وكانَتْ مِرآةُ نيوتُن الفِلِزِّيَّةُ العائقَ الرئيسيَّ، فلَم تكُنْ تعكِسُ إلّا حوالى 16 بالمئة فقَطْ من الضوءِ السَّاقِطِ عليها.



صَنَع إسحٰق نيوتُن عامَ 1668، أوَّلَ مِقْرابٍ عاكِس. هذا النَّمَطُ من التِّلِسْكوبات يَسْتَخْدِمُ المَرايا بَدَلَ العَدَساتِ لِتَجْميعِ الضوءِ وتَبْئيرِه.



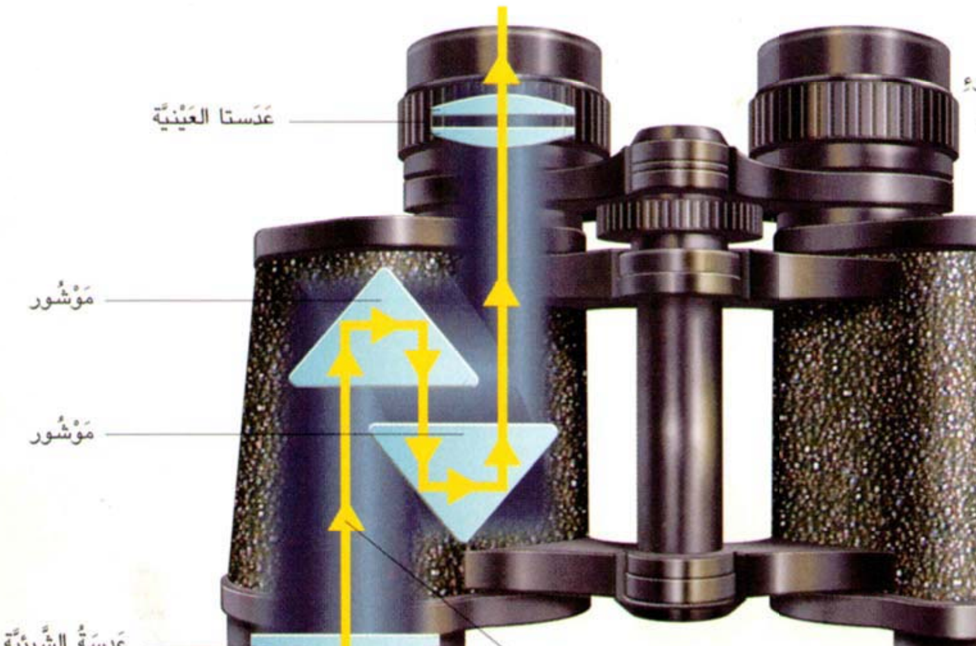
يَقَعُ مِقْرابُ أرِكيبو الراديويُّ في غَوْرٍ طبيعيٍّ في جِبالِ پورْتو ريكو. ويَعْكِسُ صَحْنُه الذي قُطْره 305 أمتار الإشاراتِ نَحو هوائيٍّ فوقَه – وَزْنُه 90 طُنًّا وارتِفاعُه 130 مِتْرًا.

مُعْظَمُ الفَلَكيِّين المُعاصرين البحَّاثين يَسْتَخدِمون مَقاريبَ عاكِسَةً. ذلك لأنَّ المقاريبَ الكاسِرَةَ تُعاني من الزَّيْغ اللَّوْنيِّ – وهو الغَبَشُ الذي يُسَبِّبُه الاختِلافُ القَليلُ في تبأُّرِ كُلِّ طُولٍ مَوْجيٍّ من الضوءِ المارِّ عَبْرَ العَدَسة. إنَّ تَبَيُّنَ الأَجْسامِ والأشياءِ الباهِتَةِ اللَّوْن يَتطَلَّبُ عَدسَاتٍ بالِغةَ الكِبَرِ تَنْهَفِتُ لاحِقًا فتُكَوِّنُ صُوَرًا مُشَوَّهةً. لكِنَّ المَرايا، بخِلافِ العَدَسات، يُمكِنُ دَعْمُها من الخَلْف، فتَغْدو أقلَّ تعرُّضًا للانهفات. وقد يَبْلُغُ قُطْرُ المَرايا الزُّجاجيَّةِ خَمسَةَ أمتار؛ وهي تُطْلَى بطَبَقةٍ من الأَلومنيوم تَعْكِسُ ما يَزيدُ على 95 بالمئة من الضوءِ السَّاقِطِ عليها.



عامَ 1789، صَنَع الفَلَكيُّ البريطانيُّ الألمانيُّ المَوْلِد وِلْيَم هِرْشِل (1738 – 1822) مِقرابًا عاكِسًا طولُه 12 مترًا وقُطْرُ مِرآتِه 1,22 مِتْر.

المِنْظارُ ذو العَيْنيَّتَيْن هو في الواقِعِ مِقْرابان صَغيران. المَوْشُوران في كُلِّ قِسْمٍ من المِنْظارِ يُضاعِفان مسارَ الضوءِ المُنْعَكِسِ رُجوعًا بحيثُ يُمكِنُ احتِواءُ بَصَريَّاتِ المِقْراب في قِرابٍ مُلَمْلَم.





عامَ 1929، استَخْدمَ الفَلَكيُّ الأمريكيُّ إدوِن هَبِل (1889 – 1953) مِقْرابَ هُوكَر العاكِس، المُصنَّعَ عام 1917 لِبَرْهَنةِ نظريَّتِه حَوْلَ تَمَدُّدِ الكَوْن.

ما دونَ المَرْئيّ

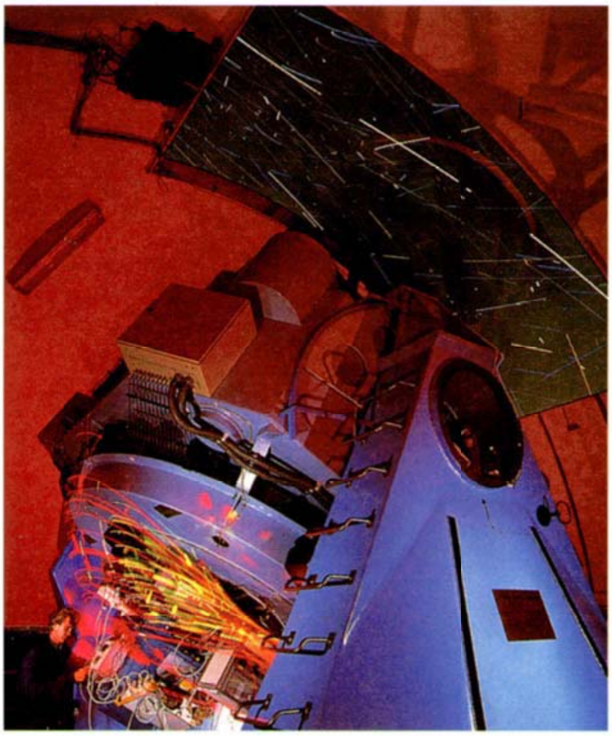
على كلا جانِبَي الطَّيْفِ المَرْئيّ، تُوجَدُ الأَشِعَّةُ دونَ الحَمْراء والأشِعَّةُ فوق البَنفسجيَّة. إنَّ دِراسةَ هذه الأطوالِ المَوجيَّةِ تُعْطي مَعْلوماتٍ عن النُّجوم وسُحُبِ الغُبارِ في الفَضاءِ التي لا يُمكِنُ الحُصولُ عليها من الصُّوَرِ المَرْئيَّة.

تِلِسْكوباتُ الأشِعَّةِ دُونَ الحمراء يُمكِنُ أنْ تُطْمَسَ بالأشِعَّةِ دونَ الحمراءِ من أَجْسامٍ ساخِنَةٍ، لذا يَنْبغي استِخْدامُها على دَرجاتِ حرارةٍ خَفيضةٍ، وعمَلُها الأمثَلُ هو من السَّواتِلِ الفَضائيَّة. كذلك يَنْبغي نَصْبُ تِلِسْكوبات الأشِعَّةِ فوق البَنفسجيَّة على سواتِلَ فضائيَّةٍ لأنَّ جَوَّ الأرض يُرَشِّحُ الكثيرَ من الأطوالِ المَوجيَّةِ فوقَ البَنفسجيَّة. مَقاريبُ الأشِعَّةِ فوقَ البَنفسجيَّة مُفيدةٌ بخاصَّةٍ لِدراسةِ النُّجوم الحارَّةِ وسُحُبِ الغازاتِ المُتَوَهِّجة. وتُحَدِّدُ مَقاريبُ الأشِعَّةِ دونَ الحمراء مواقِعَ سُحُبِ الغُبار الأَبْردِ التي لا تَبْتَعِثُ ضَوءًا.

التِّلِسْكوباتُ الرَّاديويَّة

في ثلاثينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، طَوَّرَ المُهَنْدسون هوائيَّاتٍ حُزْميَّةً يُمكِنُها استِبانةُ الإشاراتِ الرَّاديويَّةِ (اللَّاسِلْكيَّة) من مواقِعَ مُحَدَّدةٍ بدِقَّة. وبتَوجيه هذه الهوائيَّاتِ نحو السَّماءِ، استَطاعَ الفَلكيُّون تَبَيُّنَ إشاراتٍ راديويَّةٍ فائقةَ قِصَر المَوْجات آتِيَةٍ من مَواقِعَ نُجُومٍ ومَجَرَّات.

التِلِسْكوباتُ الراديويَّةُ الحَديثةُ تَتَفَرَّسُ السَّماءَ بالمَسْحِ بواسِطةِ صُحونٍ ضَخْمةٍ طاسِيَّةِ الشَّكْل تَعْكِسُ الإشاراتِ الراديويَّةَ نَحْو هوائيَّاتٍ بُوقيَّةِ الشَّكْل. ويُمكِنُ بهْذه الترتيبةِ تَعْيينُ مَوقع كُلِّ مَصْدرٍ راديويٍّ بدِقَّةٍ فائقة. المُسْتَقبِلاتُ الراديويَّةُ الحسَّاسةُ تُضَخِّمُ هذه الإشارات، والحواسيبُ تُوَلِّدُ للفَلكيِّين صُوَرًا بَصَريَّةً ومُعْطَياتٍ للدَّرْس والتَّمْحيص.



لقد كشفَتِ المَعْلوماتُ من المقاريبِ الراديويَّة عديدًا من مَصادر الإشعاع غيرِ المَرْئيَّةِ بالمقاريبِ البَصَريَّة - نَذكُر منها الكوازارات - وهي أَجْرامٌ نائيَةٌ جِدًّا تَبْتَعِثُ إشاراتٍ راديويَّةً قويَّةً.

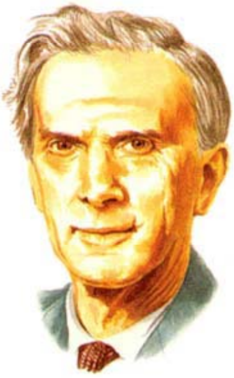
الأشِعَّةُ السِّينيَّة وأشِعَّةُ غاما

الأشِعَّةُ السِّينيَّةُ وأشِعَّةُ غاما هي أنماطٌ من الإشعاعاتِ العاليةِ الطاقة، تُبْتَعَثُ عندَ تَصادُمِ النُّجُومِ أو انفِجارِهَا، أو عندما تَسقُطُ المادَّةُ في ثَقْبٍ أَسْود. التِّلِسْكوباتُ الفَضائيَّةُ تَتَبَيَّنُ هذه الإشعاعاتِ باستِخْدامِ أُسْطُواناتٍ فلزِّيَّةٍ مُسْتَدِقَّةِ الأطراف لِتَبْئيرِ الإشعاعاتِ على مكاشِيفَ. والحواسيبُ الأرضيَّةُ تَستَخْدِمُ المُعْطَياتِ من هذه المكاشيفِ لِتَوليدِ الصُّوَر.



فَلكيُّون من الهُواةِ يُعِدُّون تِلِسْكوباتهم لأُمسِيةِ مُشاهداتٍ في صَحْراءَ أَريزونا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. حتَّى المِقْرابُ الصغير الذي لا يَزيدُ طولُه على 150 ملم له قُدْرةُ مَيْزٍ (إستِبانة) تُمَكِّنُ من مُشاهدةِ إنسانٍ على بُعْدِ 400 كم. إنَّ أمثالَ هؤلاءِ الهُواةِ يُوَفِّرونَ للعُلماءِ مَعْلوماتٍ مُهِمَّةً حوْلَ وَبْلَةِ (ج. وابِل) الشُّهُبِ وأحداثٍ فَلكيَّةٍ أُخرى.

◄ يَعملُ مِقْرابُ نُورْدِك البَصَريّ، منذُ عام 1988 ويبلُغُ طولُه 2,6 متر. وهو يَقَعُ على جَبَلٍ في جزيرةِ كناري – لاپالْمَا على علُوِّ 2382 مترًا – مُتَجاوزًا الجوَّ السُّفْليَّ الغُباريَّ وبَعيدًا عن أَضْواءِ المُدُن التي تَتَداخَلُ مع المُشاهَداتِ ليلًا.



الفَلكيُّ الراديويُّ البريطانيُّ مارتِن رايْل (1918 – 1984) انْتَبَطَ وَسيلةً لاستِخْدام الحواسيبِ في ضَمِّ مُخْرجاتِ عِدَّةِ تِلِسْكوباتٍ راديويَّةٍ عاديَّة لِتُكافِئَ ما يُولِّدُه مِقْرابٌ كبيرٌ جدًّا. وقد اكتَشفَ فريقُه عِدَّةَ أَجْرامٍ جديدةٍ، بَعْضُها كوازارات.



تُعْرَفُ مُعْظمُ الأجرام الفَضائيَّةِ بأعدادٍ بيانيَّة فقط. فالسَّديمُ 604 إنْ جي سي (NGC 604) الظاهِرُ هنا هو سَحابةُ غُبارٍ وغازٍ في المَجرَّة م 33 (M33). يبلُغُ قُطْرُ هذا السَّديم 1500 سنةٍ ضَوئيَّة وتَسْتَغْرِقُ إشعاعاتُه، في الوُصولِ إلى الأرض، 000 700 2 سَنةٍ ضَوئيَّة.

أُنْـظُر أيضًا

الإشْعاع ص 244 – 245
العَدَساتُ والمَرايا المقَوَّسة ص 266 – 267
التِّلِسْكوباتُ الفَلكيَّة ص 416 – 417

الأَلوان

حِسُّ البَصَر هو نَتيجةٌ لِإستِثارةِ الضوءِ مُستَقْبِلاتٍ في عيُوننا. واللَّونُ المَرئيُّ يعتَمِدُ على مَزيجِ الأَطوالِ المَوجيَّةِ المَوجودةِ في الضَّوء.



الطَّيْفُ المَرْئيُّ تَدرُّجٌ مُتَواصِلٌ من الأَلوان يَنْتَشِرُ من الأَحْمر عَبْرَ البُرْتُقاليّ ثُمَّ الأَصْفرِ فالأَخْضرِ والأَزْرقِ حتَّى البنَفْسجيّ.

الضوءُ المَرْئيُّ إشعاعاتٌ كَهْرُمِغْنَطيسيَّةٌ يَتراوحُ مَدى أطوالِها المَوجيَّةِ بين 390 وَ 740 نانومترًا. في شَبكيَّةِ العَيْنِ البَشَريَّةِ تُوجَدُ مُسْتَقْبِلاتٌ تَتَبَيَّنُ شِدَّةَ الضوءِ الإجماليَّةَ وتَوازُنَ التَرَدُّداتِ فيه. وهذه المُسْتَقْبِلاتُ تُصدِرُ نَبَضاتٍ عَصَبيَّةً يُفَسِّرها الدِّماغُ نُصوعًا ولَونًا. فالضَّوءُ في مَدى 575 نانومترًا مثلًا، يُعطي إحساسًا باللَّوْنِ الأَصْفَرِ المُخْضَرّ.

الضَّوءُ الأَبْيض

الضوءُ الصادِرُ من الشَّمْس أو من مِصْباحٍ كَهْربائيٍّ يُسَمَّى ضوءًا أبيضَ لأنَّه لا يَبْدو مُلَوَّنًا. لكن عندما تُسَلَّطُ حُزْمةٌ من هذا الضوءِ على جانبِ مَوشُور، فإنَّها تَنْبَثِقُ من جانبِه المُقابلِ حُزَمًا مُلَوَّنةً تُؤلِّفُ طَيْفًا من الألوان بالترتيب التالي: الأَحْمر فالبُرْتُقاليّ فالأَصْفر فالأَخْضر فالأَزْرق والبنَفْسجيّ.

والأطوالُ المَوجيَّةُ لهذه الألوان تتناقصُ من الأَحْمر إلى البنَفْسجيّ. ومَزْجُ هذه الألوانِ معًا بالنِّسَب الصَّحيحة يُعْطي ضَوءًا أَبْيَض.

وَصْفُ الأَلْوان

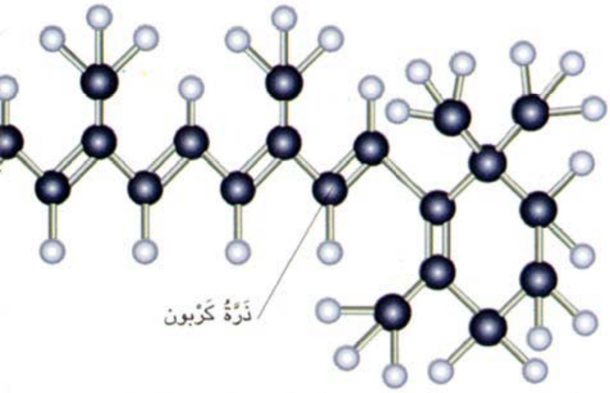
تُوصَفُ الأَلْوانُ بِمُواصفاتٍ ثَلاث: النُّقْبَة والتَّشَبُّع والزُّهُوّ. فالنُّقْبَةُ تُشيرُ إلى الأَطْوالِ المَوجيَّةِ في الضوءِ المُلَوَّن. والتَّشَبُّعُ يُبَيِّنُ شِدَّةَ اللَّوْن – فاللَّونُ الأَحْمرُ مثلًا، هو صِيغةٌ مُشْبَعةٌ من اللَّونِ الوَرْديّ. والزُّهُوُّ – المُواصفةُ الثالثةُ – هو كمِّيَّةُ الطاقةِ في الإشْعاعِ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ. فإذا ازدادَتْ شِدَّةُ الضَّوءِ السَّاقِط على هذه الصَّفْحةِ مثلًا، فسَيَزْدادُ زُهُوُّ كُلٍّ ما عليها من أَلْوان.

مَصادِرُ اللَّوْن

قِلَّةٌ من مَصادرِ الضوءِ تُصدِرُه باللَّوْنِ مُباشَرةً كَمَصابيحِ الصوديوم الخَفيضةِ الضَّغْط التي تضِيءُ بعضَ الطرُق. فالتفريغ الكهربائيُّ في هذه المَصابيح يَجْعَلُ بُخارَ الصوديوم في المِصْباحِ يَتوهَّج بلَونٍ بُرتُقاليّ.

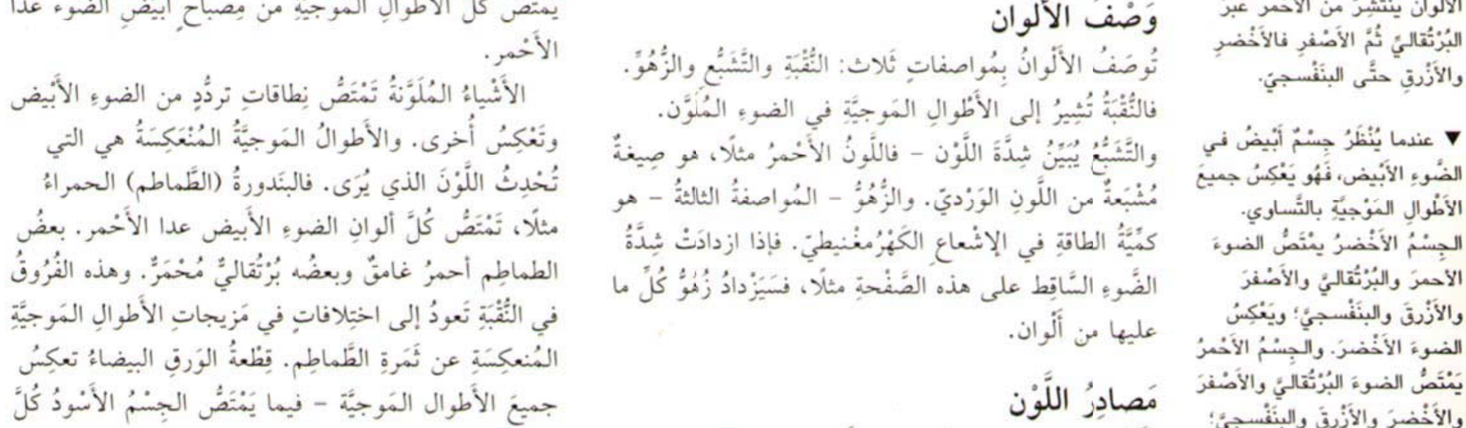
ضَوءُ الشَّمْسِ وضَوءُ الكَهْرباءِ يَبْدوان بلَونٍ أَبْيَضَ لأنَّهما يَحْويان المَدَى الكامِلَ من الأطوالِ الموجيَّةِ المَرْئيَّةِ بِنِسَبٍ مُتَساوِيَةٍ تقريبًا. مُعْظَمُ مَصادِرِ الضوءِ المُلَوَّنِ تعمَلُ بإزالةِ أطوالٍ مَوجيَّةٍ مُعَيَّنةٍ من الضوءِ الأَبْيَض. فمِصْباحُ المِكْبَحِ في السيَّارة يَتوهَّجُ باللَّونِ الأَحْمرِ لاحتِوائه مُرشِّحًا يَمْتَصُّ كُلَّ الأطوالِ المَوجيَّةِ من مِصباحٍ أَبيَضِ الضَّوء عدا الأَحْمر.

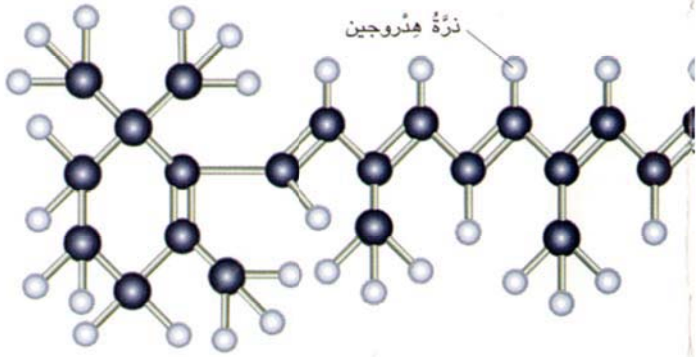
الأَشْياءُ المُلَوَّنةُ تَمْتَصُّ نِطاقاتِ تَردُّدٍ من الضوءِ الأَبيض وتَعْكِسُ أُخرى. والأَطوالُ المَوجيَّةُ المُنْعَكِسَةُ هي التي تُحْدِثُ اللَّوْنَ الذي يُرَى. فالبَنْدورةُ (الطَّماطم) الحمراءُ مثلًا، تَمْتَصُّ كُلَّ ألوانِ الضوءِ الأَبيض عدا الأَحْمر. بعضُ الطماطِم أحمرُ غامِقٌ وبعضُه بُرْتُقاليٌّ مُحْمَرٌّ. وهذه الفُرُوقُ في النُّقْبَةِ تَعودُ إلى اختِلافاتٍ في مَزيجاتِ الأَطوالِ المَوجيَّةِ المُنعكِسَةِ عن ثَمَرةِ الطَّماطِم. قِطْعةُ الوَرقِ البيضاءُ تعكِسُ جميعَ الأَطوالِ المَوجيَّة – فيما يَمْتَصُّ الجِسْمُ الأَسْودُ كُلَّ الضوءِ السَّاقِطِ عليه.



يَحوي جُزَيءُ كاروتين (جَزَرين) بيتا سِلْسِلةً من الرَّوابِطِ الأُحاديَّةِ والثُّنائيَّةِ المُتَعاقِبة بين ذرَّاتِ الكَرْبون – مِمَّا يَجْعَلُ هذا الكاروتين يَمْتَصُّ الضوءَ الأَزْرقَ ويَعْكِسُ الضوءَ البُرْتُقاليّ.

▼ عندما يُنْظَرُ جِسْمٌ أَبْيضُ في الضَّوءِ الأَبْيض، فَهُو يَعْكِسُ جميعَ الأَطْوالِ المَوْجيَّةِ بالتَّساوي. الجِسْمُ الأَخْضرُ يمْتَصُّ الضوءَ الأحمرَ والبُرْتُقاليَّ والأَصْفرَ والأَزْرقَ والبنَفْسجيَّ؛ ويَعْكِسُ الضوءَ الأَخْضرَ. والجِسْمُ الأَحْمرُ يَمْتَصُّ الضوءَ البُرْتُقاليَّ والأَصْفرَ والأَخْضرَ والأَزْرقَ والبنَفْسجيَّ؛ ويَعْكِسُ الضوءَ الأَحْمرَ. والجِسْمُ الأَسْودُ يَمْتَصُّ جميعَ الأَطْوالِ المَوجيَّةِ بالتَّساوي.



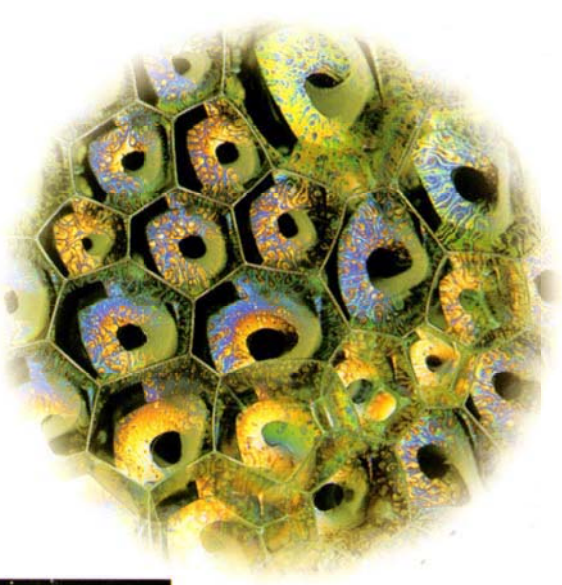


الأَلْوانُ والإلكترونات

الإلكتروناتُ في الذرَّاتِ والجُزَيئاتِ تُدَوِّمُ في مَداراتٍ ذاتِ مناسيبَ طاقيَّةٍ مُخْتلِفة. وطاقةُ الضوءِ تعتمِدُ على طُولِه المَوجيّ. فعندما يَمْتَصُّ الجِسْمُ ضَوءًا، تَقْفِزُ الإلكتروناتُ مُباشَرةً من مناسيبِ طاقةٍ أَخْفَض إلى مناسيبِ طاقةٍ أعلى. ثُمَّ تَعودُ هذه الإلكتروناتُ المُثارةُ فتَهْبُطُ إلى مناسيبِ طاقةٍ أخْفَض في سِلْسِلةٍ مُتدرِّجةٍ من الخُطُواتِ الأَصْغر – مُطلِقةً فرقَ الطاقةِ كحرارةٍ أثناءَ ذلك.

الأَصْباغُ والخُضُب

الكثيرُ من الكائناتِ الحَيَّةِ يَحْوي مَوادَّ مُلَوِّنةً. فاللَّونُ البُرْتُقاليُّ في الجَزَر مثلًا، سبَبُه مادَّةٌ كيماويَّةٌ طبيعيَّةٌ تُسَمَّى جَزَرين (كاروتين) بيتا. وجُزَيئاتُ أمثالِ هذه المَوادِّ تَحْوي غالبًا سَلاسِلَ من ذرَّاتِ الكَرْبون مُترابطةً معًا بروابِطَ أُحاديَّةٍ وثُنائيَّةٍ مُتَعاقِبة. والإلكتروناتُ في هذه الرَّوابط تَمْتَصُّ الضوءَ المَرْئيَّ أو تُطلِقُه أثناءَ تَنَقُّلِها بينَ مناسيبِ الطاقة. يَسْتَخْدِمُ الكيميائيُّون مَعارِفَهم عن الموادِّ المُلَوِّنةِ الطبيعيَّةِ لإنتاجِ أصباغٍ وخُضُبٍ اصطِناعيَّةٍ لِصَبْغِ النُّسُجِ وفي تَصْنيعِ اللَّدائن والدِّهاناتِ والحُبُور (ج. حِبْر).



قد تكونُ رِقَّةُ غِشاءِ فُقّاعةِ الصابون أقلَّ من الطُّولِ المَوجيِّ للضوءِ المَرْئيّ. لذا فإنَّ بعضَ الأطوالِ المَوجيَّةِ للضوءِ تُلْتَغي بتَداخُلِ الضوءِ الأبيضِ المُنْعَكِس من قَفا الغِشاءِ معَ الضوءِ الأبيضِ المُنْعَكِس من مُقَدَّمته. ويعتَمِدُ لَوْنُ الضوءِ المَرْئيُّ على سُمْكِ الغِشاءِ وعلى الزاويةِ التي يُشاهَدُ منها.

الظواهِرُ البَصَريَّة

عندما يَسْقُطُ ضَوءُ الشَّمْس على بُقْعةٍ من الزَّيْت فوقَ طريقٍ مُبْتَلّ، تَنْعكِسُ ألوانُ قَوْسِ قُزَحَ على طَبَقةٍ رقيقةٍ من الزَّيت الطافي على الماء. ذلك لأنَّ الضوءَ الأبيضَ ينعكِسُ من السَّطْحَيْن العُلْويِّ والسُّفْليِّ لِطَبقةِ الزَّيْتِ في الوَقْتِ نَفْسِه. وعند تَلاقي الأشِعَّةِ المُنْعَكِسَةِ عن السَّطْحَيْن تَتَضامُّ بعضُ أطوالِها المَوجيَّةِ معًا فتُصبِحُ أَقْوى، فيما تُلْغي أطوالٌ أُخرى بَعْضَها بعضًا؛ فيَنْتُجُ عن ذلك ضَوءٌ مُلَوَّنٌ. ويعتَمِدُ اللَّونُ الناتِجُ على سُمْكِ الطبَقةِ الزَّيتيَّةِ وعلى الزَّاويةِ التي يُشاهَدُ فيها بحيث تَمُورُ الأَلْوانُ بتَحَرُّكِ الطبَقةِ الزيتيَّة. هذه الظاهِرةُ نَفْسُها تُسَبِّبُ تلَوُّنَ فقاقيعِ الصابون وبعضِ أجنِحَةِ الحَشَرات.



تُساعِدُ الإضاءَةُ في استِعراضٍ مَسْرحِيٍّ على خَلْقِ جَوٍّ مُعَيَّن. ويُفْتَرَضُ في المَسْرَحِ النَّمُوذجيِّ أنْ يكونَ مُجَهَّزًا بعَشَراتِ مَجْموعاتِ الأَضْواء – في كُلٍّ منها مِصْباحٌ كهربائيٌّ قويٌّ يُشِعُّ ضوءًا أبيضَ عَبْرَ مُرَشِّحٍ مُلَوَّنٍ ومَجْموعةٍ من العَدَسات.



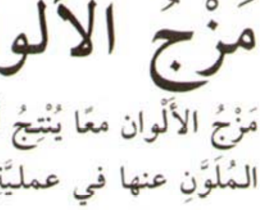
يَظْهَرُ قَوْسُ قُزَح عندما يَسْطَعُ ضوءُ الشَّمْس القَويُّ من وراءِ المُشاهِدِ على قَطَراتِ المَطَر المُتَساقِطِ أمامَه. قَطَراتُ المَطَر تعمَلُ كَمَوشُوراتٍ تَفْلِقُ الضوءَ الأبيضَ إلى ألوانِه المُكَوِّنة. وعادةً يُرَى طَيْفُ الألوان كامِلًا، باللَّونِ الأَحْمر على الحافَّةِ الخارجيَّةِ من القَوْس واللَّوْنِ البَنَفْسجيِّ على الحافَّةِ الدّاخليَّة. أمَّا الموقِعُ الحَقيقيُّ لِقَوْسِ القُزَح فيَتَغَيَّرُ حَسَبَ مَوقِعِ المُشاهِد.

اُنْظُر أيضًا

الخُضُبُ والأَصْباغ ص 219
الطَّيْفُ الكَهْرمغْنيطيّ ص 246 – 247
الانعِكاسُ والامتِصاص ص 262 – 263
الانكِسار ص 264 – 265
مَزْجُ الأَلوان ص 274 – 275

مَزْجُ الأَلْوان

مَزْجُ الأَلْوان معًا يُنْتِجُ أَلوانًا أُخرى. وتَخْتلِفُ نتائجُ المَزْجِ في عمليَّةِ مَزْجِ الضوءِ المُلَوَّنِ عنها في عمليَّةِ مَزْجِ المَوادِّ المُلَوَّنة (الخُضُب).



الأحْمرُ والأخْضرُ والأزْرقُ هي الألوانُ الأوَّليَّةُ للضَّوء. ومَزْجُ هذه الألوانِ معًا يُكَوِّنُ الضوءَ الأبْيض.



الألوانُ الأوَّليَّةُ للمَوادِّ هي الماجِنْتا (الأحمرُ الأرجوانيّ) والأصْفرُ والسَّيان (الأزرق المُخْضَر). ومَزْجُ هذه الألوان معًا يُكَوِّنُ اللَّوْنَ الأسْود.

عندما تَسْقُطُ حُزْمةٌ من الضوءِ على شاشةٍ بَيْضاءَ، يعتَمِدُ اللَّونُ الظاهرُ على أَطوالِ الضوءِ المَوجيَّةِ في الحُزْمة. وإذا شَعَّتْ حُزْمةٌ من الضوءِ من لَوْنٍ آخرَ على البُقعةِ ذاتِها، فإنَّ اللَّونَ الذي يَظهرُ هو نِتاجُ تَوليفةِ ألوانِ الضوءِ في الحُزْمتَيْن. هذه العمليَّةُ تُسَمَّى المَزْجَ الجَمْعيَّ أو المَزْجَ بالإضافة، لأنَّ لونَي الضوءِ يُكَوِّنان لونًا ثالثًا بإضافة تَوليفَتَيْهما من الأطوال المَوجيَّة.

وتَختلِفُ عمليَّةُ المَزج عندما يَختَلِطُ صِبْغان (مادَّتان مُلوَّنتان) معًا. فالضوءُ الأبيضُ هو توليفةٌ من جميعِ الأطوالِ المَوجيَّةِ للضوء. وعندما يَسْقُطُ ضوءٌ أبيضُ على مَسْحوقٍ مُلَوَّنٍ مثلًا، فإنَّ السَّحيقَ يَمْتَصُّ بعضَ الأطوالِ المَوجيَّةِ للضوء. واللونُ الذي يَظْهَرُ يعتَمِدُ على الأطوالِ المَوجيَّةِ المُنْعكِسة (التي لم تُمْتَص). وإذا مُزِجَ سَحيقٌ ثانٍ (بلَوْنٍ مُختلِفٍ) مع الأوَّل، فإنَّ السَّحيقَ الثاني سيَمْتَصُّ الأطوالَ المَوجيَّةَ التي لم يَمْتَصَّها السَّحيقُ الأوّل. ويعتَمِدُ اللونُ الناتِجُ على ما يتبَقَّى من الضوءِ الأبيض بعدَ امتِصاصِ كلا السَّحيقَيْن منه. هذه العمليَّةُ تُسَمَّى المَزْجَ الطَّرْحيَّ، لأنَّ لونَ المَزيجِ الناتجَ هو اللونُ المُتَبَقّي بعدَ أنْ امتصَّتْ كُلُّ مادَّةٍ مَجْموعةً مُنْتَقاةً من الأَطوالِ المَوجيَّةِ طارِحةً إيَّاها من الضوءِ الأبيض.

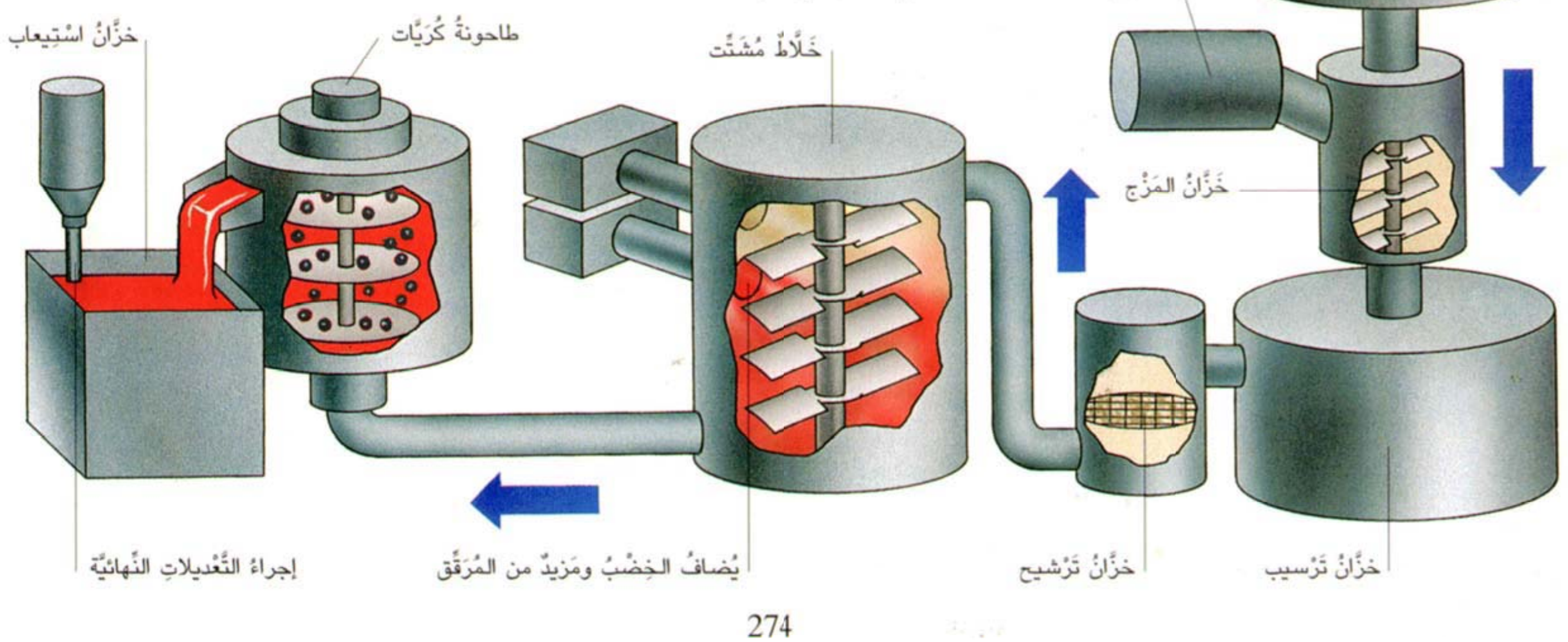
الألْوانُ الأوَّليَّة

هنالكَ مَجموعتانِ من الألْوانِ الأوَّليَّة التي يُمكِنُ مَزْجُها لإنتاجِ أيِّ لونٍ آخَر. الألوانُ الأوَّليَّةُ للمَزْجِ الجَمْعيِّ للضَّوء هي الأحْمرُ والأخْضرُ والأزْرق. فمَزْجُ هذه الألوانِ الثلاثةِ معًا بكمِّيَّاتٍ مُتَساويةٍ يُنْتِجُ ضوءًا أبيض. ومَزْجُ أزواجٍ من هذه الألوان معًا بكمِّيَّاتٍ مُتَساويةٍ يُنْتِجُ الألْوانَ الثانويَّة: فالأحْمرُ والأخْضرُ يُنْتِجان الضوءَ الأصْفَر؛ والأخْضرُ والأزْرقُ يُنْتِجان الضوءَ السَّيانيَّ بدَرجةٍ لونيَّةٍ أشبَهَ بالفَيروز؛ والأحْمرُ والأزْرقُ يُنْتِجان الضوءَ الماجِنْتيَّ (الأحمرَ الأرجوانيّ). هذا ويُمكِنُ إنتاجُ أيِّ لونٍ بالمَزْجِ الصَّحيح للألوان الأوَّليَّةِ الثلاثة.

أمّا الألْوانُ الأوَّليَّةُ للمَزْجِ الطَّرْحيِّ للدِّهاناتِ والمَوادِّ المُلَوَّنةِ الأُخرى فهي الماجِنْتا والأصْفَرُ والسَّيان. والألوانُ الثانويَّةُ للمَزْجِ الطرحيِّ هي الأحْمرُ والأخْضرُ والأزْرق.

تَحْضيرُ الدِّهانات

الدِّهانُ، كما هو مَعْروف، طِلاءٌ خارجيٌّ يُسْتَخْدَمُ لِتَزْيينِ السُّطوحِ وحِمايَتِها. يُصنَعُ الدِّهانُ النموذجيُّ اللمَّاعُ أوّلًا بمَزْجِ زُيوتٍ طبيعيَّةٍ وراتينَجاتٍ عُضْويَّةٍ كحُوليَّةٍ حامضيَّة (تُسَمَّى الكيديَّة). وهذه هي الموادُّ الرابطةُ التي تَتَصلَّدُ تَدْريجيًّا في الهواءِ بَعْدَ الطَّلْي. ويُضافُ مُرَقِّقٌ قوامٍ لِجَعْلِ المَزيجِ أيْسَرَ لِلضَّخِّ عَبْرَ مُرَشِّحٍ يُزيلُ أيَّ جُسَيْماتٍ جامدةٍ من السَّوائلِ المَمْزوجة. ثُمَّ يُخْلَطُ الخِضْبُ بالمزيجِ الرابطِ في خَلّاطٍ مُشَتِّتٍ قويّ. ويُضافُ مَزيدٌ من المُرَقِّقِ قبْلَ ضَخِّ التوليفةِ عَبْرَ طاحونةِ كُرَيّات. طواحينُ الكُرَيّاتِ تَحوي أقراصًا دوّارةً وكُرَيّاتٍ زُجاجيَّةً تَهْرُسُ وتَسْحَنُ فيما بينها جُسَيماتِ الخِضْب. وتَجْري التَّعديلاتُ النِّهائيَّةُ في خَزّانِ اسْتيعابٍ قبْلَ توضيبِ الدِّهانِ في عُلَبٍ أو أوعِيَةٍ أُسْطوانيَّة.



الدِّهاناتُ والخُضُب

تتألَّفُ الدِّهاناتُ من جُسَيْماتٍ جامدةٍ بَيْضاء وَمُلَوَّنةٍ، تُسَمَّى خُضُبًا، مُخَلَّطةٍ في سَائلٍ لَزِجٍ يُسَمَّى الرابط. هذا الرابطُ يتصَلَّدُ بجفافِ الدِّهانِ مُشَكِّلًا طبقةً واقِيَةً تُثَبِّتُ الخُضُبَ.

الخُضُبُ في مُعْظَمِها مُرَكَّباتٌ فِلِزِّيَّةٌ؛ والمُستَخْدَمُ منها على نِطاقٍ أوسَعَ هو ثاني أكسيد التَّيْتانيُوم (ت أ 2 «TiO_2») المَسحوقُ الأبيضُ الذي يُسْتَخْدَمُ في صُنْعِ الدِّهانات كما في مَعاجينِ الأَسْنان ومُنْتَجاتٍ عديدةٍ أُخرى. أمَّا الخُضُبُ الأُخرى فهيَ فاقِعةُ التلَوُّنِ لأنَّها تَمْتَصُّ أطوالًا مَوجيَّةً مُعَيَّنَةً من الضوء. الخُضُبُ الصَّفْراءُ والحَمْراءُ مثلًا، هي غالبًا مُرَكَّباتٌ من الحديد، بينما الخُضُبُ الزَّرْقاءُ هي مُرَكَّباتٌ من الكوبَلْت. ويُمكِنُ صُنْعُ مدًى هائلٍ من الألْوان بتوليفِ بِضْعةِ خُضُبٍ معًا.

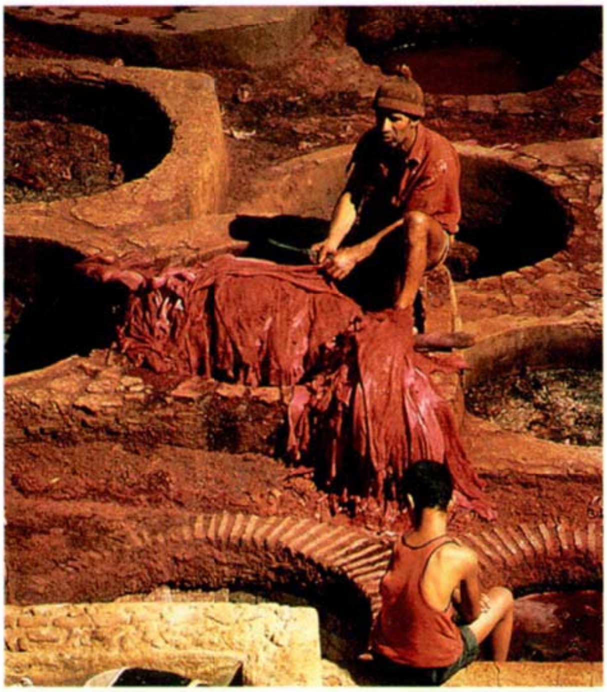
الأَصْباغ

الأَصْباغُ موادُّ شديدةُ التلَوُّن تُستَخْدَمُ في تلوينِ مُنْتَجاتٍ كالنُّسُجِ والحُبُور. وبخلاف الخُضُب، فإنَّ الأَصْباغَ ذَوَّابةٌ في الماءِ وفي مُذيباتٍ أُخرى؛ وهي مُرَكَّباتٌ عُضْويَّةٌ مُعَقَّدة.

تُصْبَغُ النُّسُجُ بتَغْطيسِها في دِنانٍ تَحوي مَحاليلَ صِبْغيَّةً. فتتَغَلْغَلُ المَحاليلُ في الأَلْيافِ مُكَوِّنةً معَها روابِطَ كيماويَّة. وغالبًا ما تُضافُ كيماويَّاتٌ مُرَسِّخَةٌ تُثَبِّتُ الأصباغَ بأَلْيافِ الأَنْسِجة.

الطِّباعةُ المُلَوَّنة

الصُّورُ المُلَوَّنةُ المَطْبوعةُ في الكُتُبِ والصُّحُفِ تَبْدو كأنَّها



استَخْدَمَ الناسُ الأَصْباغَ الطبيعيَّةَ منذُ آلافِ السِّنين. ففي صِباغةِ الجلُودِ التقليديَّة، كما تُبَيِّن هذه الصورةُ في مُرّاكش (المَغْرِب)، تُنْقَعُ جُلودُ الحيَواناتِ مع مَحاليلِ الصِّبْغِ عِدَّةَ أيَّام في أحواضٍ تُبْنَى لهذا الغَرَض.

تَحْوي كُلَّ الألوانِ المُمْكِنِ تَصَوُّرُها. لكِنَّ مُعْظَمَ مَكِناتِ الطِّباعةِ، في الواقِع، لا تَسْتَخْدِمُ سِوَى ثَلاثةِ أَلْوانٍ فقطْ هي الماجِنْتا والسَّيان والأَصْفَر - بالإضافةِ إلى اللَّونِ الأَسْوَد. الماجِنْتا يَمْتَصُّ الضوءَ الأَخْضَرَ، والسَّيانُ يَمْتَصُّ الأَحْمَرَ، والأَصْفَرُ يَمْتَصُّ الأَزْرَقَ. والأَسْوَدُ، كما هو معلوم، يَمْتَصُّ كُلَّ الأَطوالِ المَوجيَّة. هذه الأَلْوانُ الثلاثةُ يُمكِنُها معًا إنتاجُ أيِّ لَوْنٍ آخَر.

الصُّورةُ المُلَوَّنةُ المَطْبوعةُ تتألَّفُ من مَلايينِ النُّقَطِ الدَّقيقةِ من الألوانِ الثلاثةِ معًا إضافةً إلى الأَسْوَد. وبتَغْييرِ حُجُومِ هذه النُّقَطِ تُخَلَّقُ دَرَجاتٌ لَونيَّةٌ مُخْتَلِفة. وعندَ مُشاهَدتِها عن بُعْد، تَتوالَفُ هذه النُّقَطُ معًا مُكَوِّنةً بُقَعًا مُتَبايِنَةَ الأَلْوانِ تُؤَلِّفُ الصُّورةَ بكامِلِها.

شَاشاتُ التَّلْفَزة

الصُّورةُ على شَاشةِ تِلْفازٍ أو مِرْقَبٍ حاسُوبيٍّ تَتألَّفُ من نُقَطٍ دَقيقةٍ من الضوءِ الأَحْمرِ والأَخْضرِ والأَزْرق. ومَصْدَرُ هذا الضوءِ هو فُسْفُرات (مَوادُّ متفَسْفِرة) تتوَهَّجُ عندما تَصْدِمُها الإلكترونات.

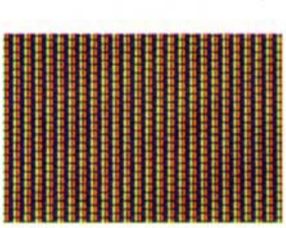
وهناكَ ثلاثُ مِدْفعاتٍ إلكترونيَّةٍ، في مُؤخَّرةِ الأُنبوبِ التلِفْزيونيِّ، تُطْلِقُ حُزَمًا من الإلكتروناتِ على الفُسْفُرات. هذه الحُزَمُ تَمْسَحُ عَبْرَ الشَّاشةِ من جانبٍ لآخَر ومن أعلى إلى أَسْفَل. كُلُّ حُزْمةٍ تَمْسَحُ (تَفْرُسُ) لونًا واحدًا من الفُسْفُرات، ونَخْتلِفُ شِدَّتُها أثناءَ تنَقُّلِها. وهذه الاخْتِلافاتُ تَجْعَلُ الفُسْفُرات تتَوَهَّجُ أَشَدَّ أو أَضْعفَ تبَعًا لتِلْك الكمِّيَّةِ مِنْ كُلِّ لَوْنٍ أوَّليٍّ، التي يُحْتاجُ إليها في كُلِّ نُقْطَة. عَيْنُ المُشاهِدِ عن بُعْدٍ، تَطْمِسُ الضوءَ الوارِدَ من كُلِّ فُسْفُرٍ بمُفْردِه، فيَرى المُشاهِدُ اللَّونَ الناتِجَ من مَزْجِ الضوءِ من ألوانِ الفُسْفُر الثلاثة.



▲ المَعامِلُ التي تَسْتَخْدِمُ الأَصْباغَ تَصْنَعُ مَزيجاتِها الصِّبْغيَّةَ الخاصَّةَ غالبًا من مدًى عِياريٍّ من الألوان. وتُؤَمِّنُ تجارِبُ مُراقبةِ النوعيَّةِ تحقيقَ الدَّرَجةِ اللَّوْنيَّةِ الصَّحيحةِ في كُلِّ مَرَّة.



تَسْتَخْدِمُ الطَّابِعاتُ اللَّوْنيَّةُ مَجْموعاتٍ من نُقَطِ الماجِنْتا والسَّيانِ والأصفَرِ والأَسْوَد. وهذه النُّقَطُ تَبْدو، من مَسافةِ القِراءةِ العاديَّة، كدَرَجةٍ لونيَّةٍ مُؤَلَّفَة.



شَاشةُ التِّلْفاز ذي الأُنبوبِ التَّرايْنِتْرونيّ تُنْتِجُ الأَلْوانَ بتَوليفِ الضوءِ من شرائحَ فُسْفُريَّةٍ حَمْراءَ وخَضْراءَ وزَرْقاء. وتَسْتَخْدِمُ أَنْماطٌ أُخرى من الشَّاشاتِ نُقَطًا فُسْفُريَّةً بَدَلًا من الشرائحِ المُسْتَطيلة.

اُنْظُر أيضًا

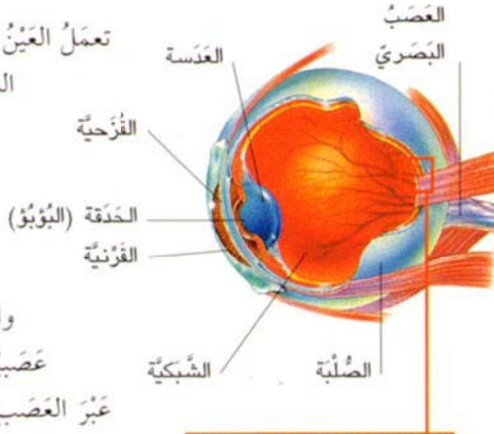
الخُضُبُ والأَصْباغ ص 219

الألْوان ص 272 – 273

التِّلِفْزيون والفيديُو ص 370 – 371

الإبْصارُ – حاسَّةُ الرُّؤية

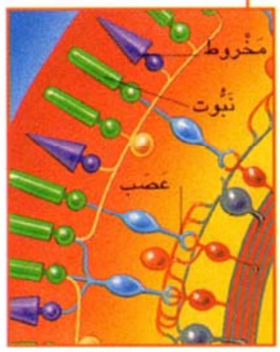
الإبْصارُ عمليَّةٌ يَتلَقَّى الدِّماغُ بواسِطتِها إشاراتٍ من العَيْنَيْن ويُحوِّلُها إلى صُوَر. وقد تَطَوَّرَتْ أنواعٌ مُختلِفةٌ من الحيَواناتِ بأنْماطٍ مُختلِفةٍ من الإبْصار.



تعمَلُ العَيْنُ البَشَريَّةُ بطريقةٍ مَثيلةٍ للكاميرا. فخَلْفَ القَرْنيَّةِ الشفَّافةِ توجَدُ القُزَحيَّةُ – وهي حَلْقةٌ عَضَليَّةٌ تَتحَكَّمُ في كمِّيَّةِ الضوءِ التي تَدْخلُ العَيْنَ عَبْرَ الحَدَقة (البُؤبُؤ). وتُبئِّرُ (تُركِّزُ) العدسةُ هذا الضوءَ على الشَّبَكيَّةِ في مُؤخَّرةِ العَيْن ضابِطةً التَّبْئيرَ للأَجْسام القريبةِ والبَعيدة. وتُرْسِلُ خلايا في الشَّبَكيَّةِ إشاراتٍ عَصَبيَّةً (على شَكْلِ نَبَضاتٍ كهربائيَّة) إلى الدِّماغِ عَبْرَ العَصَبِ البَصَريّ.

شَبَكيَّةُ العَيْنِ البَشَريَّة

تَحْوي شَبكيَّةُ العَيْنِ مَلايينَ الخلايا الحَسَّاسةِ للضوءِ على شَكْلِ نبابيتَ ومَخاريط. النَّبابيتُ تعمَلُ في الضوءِ الخافِت، ولا تَسْتَجيبُ للألْوان. والمَخاريطُ تَتبَيَّنُ الألوانَ لكِنَّها تعمَلُ في الضوءِ السَّاطِع فقَطْ. لذا، لا يَسْتطيعُ البَشَرُ رُؤيةَ الألوانِ في نُورٍ خافِت. أنواعٌ كثيرةٌ من الحيَوانات، بما فيها القِطَطُ والكِلاب، تَفْتَقِرُ إلى المَخاريط. لِذا فهي تَرى العالَمَ باللَّونين الأَسْوَدِ والأَبيضِ فقط.



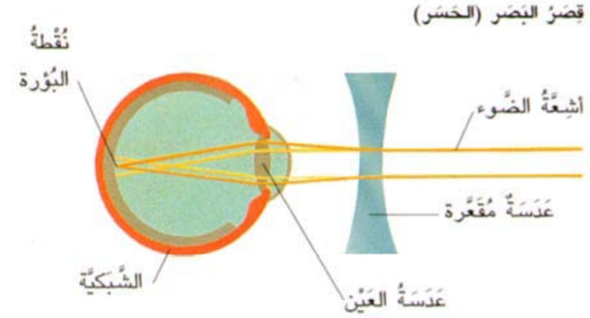
النَّبابيتُ والمَخاريطُ خلايا عَصَبيَّةٌ في الشَّبَكيَّةِ تُرْسِلُ إشاراتٍ كهربائيَّةً عَبْرَ العَصَبِ البَصَريِّ إلى الدِّماغ.

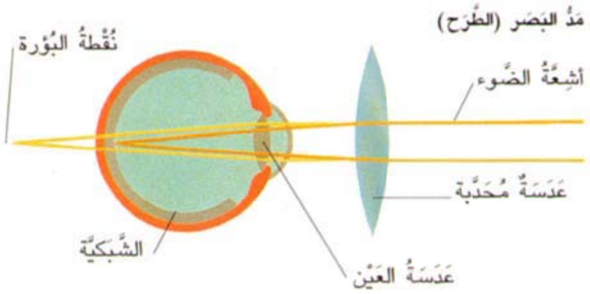
الرُّؤيةُ المُجَسَّمة

الحيَوانُ ذو العَيْنَيْن مُهيأً للإبصارِ المُجَسَّم (الثُّلاثيِّ الأبْعاد) – إذْ تُرسِلُ إحدى العَيْنَيْن إلى الدِّماغ مَعْلوماتٍ مُخْتلِفةً قليلًا عن العَيْنِ الأُخرى. وبمُقابَلةِ تلك المَعْلومات، يَسْتطيعُ الدِّماغُ توحيدَ صورةٍ مُجَسَّمَةٍ (ثُلاثيَّةِ الأبْعاد) تُمَكِّنُ الحيَوانَ من تحديدِ مواقِعِ الأشياءِ وبُعْدِها عنه.



▲ عُيونُ الذُّبابِ والكثيرِ من الحَشَراتِ الأُخرى تضُمُّ واحِدتُها مئاتٍ من مُسْتَقْبِلاتِ الضوءِ البَسيطةِ المُنْفَصِلة.





عُيوبُ العَيْن تَمْنَعُ الضَّوءَ من التَّركُّز (التَّبَأُّر) على الشَّبَكيَّة (الأشِعَّةُ الصَّفْراء). النظّارات تُصَحِّحُ الرُّؤيةَ بمُساعدة عَدَسَتَي العَيْنَيْن في تَرْكيزِ الصُّوَرِ على الشَّبَكيَّة (الأشِعَّةُ البُنِّيَّة).

عُيوبُ العَيْن

قَصيرُ البَصَر (الحَسير) لا يَسْتطيعُ التَّرْكيزَ بوُضوحٍ على الأَجْسامِ البَعيدة. فقَرْنيَّتا العَيْنَيْن وعَدَسَتاهما تُرَكِّزُ أشِعَّةَ الضَّوءِ أمامَ الشَّبَكيَّة. وإحدى المُعالَجاتِ لِتَصْحيح ذلك هي استِعْمالُ نَظّاراتٍ بعَدَساتٍ مُزْدَوجةِ التقَعُّر. وحديثًا أُتيحَتْ مُعالَجةٌ بَديلةٌ باستِخْدام اللِّيزَر لإزالةِ جُزْءٍ من القَرْنيَّة، وتَضْبيطِ البُعْدِ البُؤريِّ للعَيْنين.

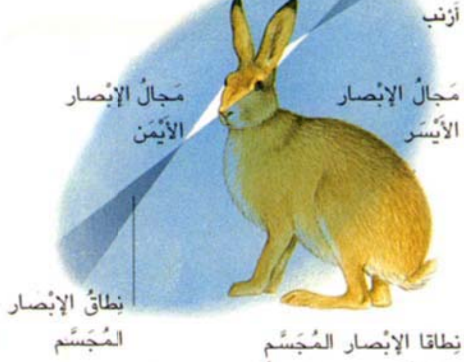
مَديدُ البَصَر لا يَسْتطيعُ التَّرْكيزَ جَيِّدًا على الأَجسامِ القَريبة. فقَرْنيَّتا العينَيْن وعَدَسَتاهما لا يُمكِنُها حَنْيُ أشِعَّةِ الضَّوءِ بما فيه الكِفاية لِتُرَكِّزَها على شَبَكيَّتَي العَيْنين. ومُعالَجةُ ذلك تَتِمُّ بِوَضْعِ نَظّاراتٍ بعَدَساتٍ مُزْدَوجةِ التحَدُّب لِمُساعدةِ القَرْنيَّتَيْن وعَدَستَي العَيْنين في ذلك.





▲ ما كُلُّ الحيَواناتِ يُمكِنُها الرُّؤيةُ بالألوان. فبَعْضُها مَحْدودُ الإبْصارِ بالأَسْوَدِ والأَبْيضِ فقَطْ؛ وبَعْضُها حسَّاسٌ لِضَوءٍ لا يَراهُ البَشَر. فالإبْصارُ فوقَ البَنَفْسجيّ يُساعِدُ النَّحْلَ في تَحْديدِ مواقِعِ الأَزْهار، فيما الإبْصارُ دونَ الأحْمر يُساعِدُ البُومَ في التصيُّدِ لَيْلًا.

▼ مَجالُ الإبْصار (الأزْرقُ الفاتِح) يُبَيِّنُ النِّطاقَ الذي تَسْتطيعُ كُلُّ عَيْنٍ رُؤيتَه. أمّا نِطاقُ الإبْصارِ المُجَسَّم بالعَيْنَيْن (الأزْرق الغامِق) فهو فقَطْ حيثُ يَتَراكَبُ مَجالا الإبْصار لِكِلَيهما.



نِطاقا الإبْصار المُجَسَّم في الأرانِبِ ضَئيلان جدًّا.



نِطاقُ الإبْصار المُجَسَّم في البُوم واسِعٌ؛ لكِنَّها تَسْتطيعُ النَّظَرَ إلى الأَمام فقَطْ.



نِطاقُ الإبْصارِ المُجَسَّم في البَشَر مُتوسِّطُ المَدَى.

أُنْظُر أيضًا

العَيْنان والإبْصار ص 114 – 115
العَدَسات والمَرايا المُقَوَّسة ص 266 – 267
الألْوان ص 272 – 273

خِداعُ البَصَر

الإبْصارُ هو نَتيجةُ عَملِ العَيْنين والدِّماغ معًا. ويَحْدُثُ خِداعُ البَصَر عندما يَنْخَدِعُ الدِّماغُ بِمَعْلوماتٍ من العَيْنين تُهايئُ لِرُؤيةِ صورةٍ وَهْمِيَّة.



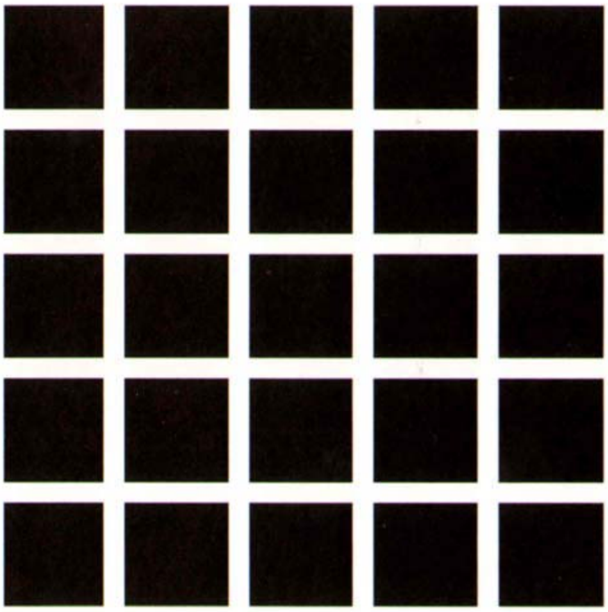
هذا الرَّسْمُ بالطِّباعةِ الحَجَريَّة انجزَه الفنَّانُ مُوريتْز إستْشَر (1898 – 1972) عامَ 1958 وأسماه المَطَلُّ الجميل (بِلْڤدير). وقد تخَصَّصَ هذا الفنَّانُ بِرَسْمِ الخُدَعِ البَصَريَّةِ كاعمالٍ فَنِّيَّة. فالطَّابقُ الأعلى من المَبْنَى مثلًا، مُختلِفٌ مَنظورِ الرَّسم كُلِّيًّا عن النِّصْفِ الأسْفَل، في حين أنَّ القِسْمَيْن مُترابطان بأعْمدةٍ لا يُمكِنُ تواجُدُها في مَبْنًى حقيقيّ.

عندما يُعالِجُ الدِّماغُ الإشاراتِ العصبيَّةَ من العَيْنين، يُسارِعُ غالبًا إلى استِنْتاجاتٍ تُكَوِّنُ من المَعْلوماتِ التي يَتلَقَّاها صورةً مَحْسوسَةً. فمثلًا عندما ينظرُ شخصٌ إلى نَفْسِه في مِرآةٍ فإنَّ دِماغَه يُكَوِّنُ صورةً لِوَجْهِه تَبْدو كأنَّها خَلْفَ المِرآة. والخِداعُ البَصَريُّ يَحْدُثُ عندما يُسارِعُ الدِّماغُ إلى استِنْتاجٍ خاطئٍ – فيُكَوِّنُ صورةً زائفةً.

الخُدَعُ البَصَريَّة

إذا حَدَّقْتَ في بُقْعَةٍ بُرْتُقاليَّةِ اللَّون فَتْرةً، ثُمَّ أَجَلْتَ بَبَصرِك فَجْأةً نَحو طَلْحيَّةِ وَرقٍ بَيْضاءَ، فإنَّك سَتَرى بُقْعَةً زَرْقاءَ في مَكانِ البُقْعَةِ البُرْتُقاليَّة. فالأزْرقُ والبُرْتُقاليُّ لَوْنان مُتَتامَّان، أي إنَّ الضوءَ البُرْتُقاليَّ يَحْوي جميعَ الأطْوالِ المَوجيَّة للضوءِ الأبيضِ عدا الأزْرق. وبالتَّحْديقِ في البُقْعةِ البُرْتُقاليَّةِ، فإنَّ المَخاريطَ في جُزْءٍ من الشَّبكيَّةِ تَعْتادُ الضوءَ البُرْتُقاليَّ تَدْريجيًّا. فعندما يَسْقُطُ الضوءُ الأبيضُ على ذلك الجُزْءِ من الشبكيَّةِ مُجَدَّدًا، تَكُونُ المَخاريطُ في تِلكَ المِنْطقةِ أكثرَ حساسيَّةً للأطْوالِ المَوجيَّةِ غيرِ المُتَواجدةِ في الضوءِ البُرْتُقاليّ. وهذا يَجْعَلُ الضوءَ الأبيَضَ يَبْدو أزْرقَ.

وفي ظاهِرةٍ أخرى، يَبْدو الصَّفُّ من المصابيح الكهربائيَّةِ التي تُضيءُ على التَّعاقُبِ بِسُرعة كأنَّه مِصْباحٌ مُضاءٌ عابرٌ على طولِ الصَّفّ. وتُسْتَخْدَمُ هذه الظاهِرةُ في عَرْضِ نُصوصِ النَّشَراتِ الإعلانيَّةِ وإذاعاتِ الأخبارِ الرَّقميَّة.



في هذا النَّسَق، المَعروف بِشَبكةِ هِرْمان، يعمَلُ التَّبايُنُ بينَ المُرَبَّعاتِ السَّوداءِ والخُطوطِ البَيْضاء على انْخِداعِ الدِّماغ بِرُؤيةِ أشْكالٍ رَماديَّةٍ مُغَمْغَمَةٍ حيثُ تَتَقاطَعُ الخُطوط.

الصُّوَرُ المُحَيِّرة

يَسْتَخْدِمُ الفنَّانون الرَّسْمَ المَنْظُوريَّ لِخداعِ البَصَر بِرُؤيةِ الأشياءِ مُجَسَّمةً في صُوَرٍ مُسَطَّحة. فهُم يَرسمُون خَطَّين مائلين بِشَكْلِ مُطاوَلٍ للرَّقْم 8 مثلًا، لِتَمثيلِ خَطَّي سِكَّةٍ حديديَّةٍ مُمتَدَّين إلى البَعيد؛ أو يَرْسمُون جَبَلًا بحَجْمٍ صغيرٍ في جِوارِ بَيت كبير بحيثُ يَبْدو الجَبَلُ بَعيدًا جدًّا. فبِمثْلِ هذه التِّقاناتِ يَسْتطيعُ الرَّسَّامون خِداعَ الدِّماغ لِيَرى باستِنْتاجاتِه مَنْظُوريَّاتٍ زائفةً.

وقد يَحْدُثُ خِداعُ البَصَر أيضًا عندما يُخْطِئُ الدِّماغُ في تَفْسيرِ الصُّوَرِ الثُّنائيَّةِ الأبْعاد. فعندما تَعْرِضُ الصُّورةُ مُرَبَّعاتٍ مُختلِفةَ الحُجوم، فإنَّ الدِّماغ «يَرى» المُرَبَّعاتِ الأصغَرَ كأنَّها أبْعَدُ من المُرَبَّعاتِ الأكبَرِ – رُغْمَ أنَّها لَيْسَتْ كذلك.

السَّراب

السَّرابُ خِداعٌ بَصَريٌّ يَتَكَوَّنُ في الطَّقْسِ الحارّ؛ ويَحْدُثُ عندما يُسَخِّنُ ضوءُ الشَّمْسِ الأرضَ بِشِدَّة. فتَسْخُن طَبقةُ الهواءِ المُحاذِيةُ للأرضِ مُباشَرةً، وتَغْدو أقلَّ كثافةً – مِمَّا يجعَلُ مُعامِلَ الإنكِسار أقلَّ مِنه لِطَبقةِ الهواءِ الأبْرد فوقَها. وتكرارُ الإنكِسارِ المُتدرِّج هذا، دُخولًا إلى الطبقةِ الأسخن وخُروجًا إلى الطبَقةِ الأبْرد، يُسَبِّبُ انعِكاسًا داخليًّا كُلِّيًّا تَرْتَدُّ به الأشِعَّةُ عن طَبقةِ الهواءِ القريبة من الأرض كالمِرآة. فيَرَى المُشاهِدُ انعِكاسَ لونِ السَّماءِ الأشبَهِ بالماءِ أمامَه سَرابًا. وبتقدُّمِ المُشاهِدِ نحو «الماء»، يتقَدَّمُ الإنعِكاسُ أيضًا، بحيثُ لا يَبْلُغُ المُشاهِدُ السَّرابَ مُطْلقًا.



▲ في هذا السَّراب، تَنْعَكِسُ السَّماءُ والجِبالُ البَعيدةُ فتَبْدو كأنَّها جُزُرٌ في بُحَيْرة. والبُحَيْرةُ، في الحقيقة ليسَتْ سِوى رَمْلٍ حارّ.



أنْظُر أيضًا

الدِّماغُ والجُمْلةُ العَصَبيَّة ص 108 – 109

العَيْنان والإبْصار ص 114 – 115

التَّصْويرُ الفُوتُوغرافيُّ والأَفْلام

التَّصْويرُ الفُوتوغرافيُّ يُسَجِّلُ صُورًا مُستَدامةً للأَشياء. فالكاميراتُ التقليديَّةُ تُسَجِّلُ الصُّوَرَ على أَفْلامٍ حسَّاسَةٍ للضَّوء. والكاميراتُ الرَّقميَّةُ تَخْتزِنُ بَياناتِ الصُّوَرِ في الحواسيب.



عامَ 1826، استَخْدَمَ الفيزيائيُّ الفرَنْسيُّ جوزيف نيپْس (1765–1833) صفائحَ من البِيُوتَر مَطليَّةً بالقارِ الحسَّاسِ للضَّوءِ في التِقاطِ أوَّلِ صُورةٍ فُوتُوغرافيَّة.



الفيزيائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم فوكْس تالْبُوت (1800 – 1877) ابتكرَ أُسلوبَ الصورةِ السَّلْبيَّةِ والمُوجبةِ الذي لا يَزالُ قيدَ الإستِعمال حتَّى يومِنا هذا.



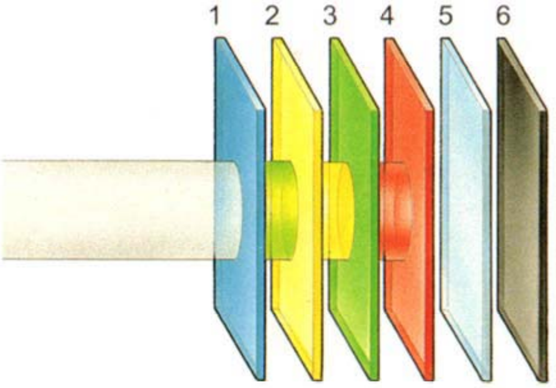
في ثمانينيَّاتِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر طوَّرَ المُخْتَرِعُ الأمريكيُّ جورج إيستْمان (1854 – 1932) الأَفلامَ المَلْفوفةَ المَرِنةَ لِتَحُلَّ مَحَلَّ الصفائحِ الزُّجاجيَّةِ التي كانت تُسْتَخْدَمُ سابِقًا.

حوالى العام 1515، وَصَفَ الفنَّانُ والمُهَنْدِسُ والعالِمُ الإيطاليُّ، لِيُونارْدو دافِنْشي (1452 – 1519)، كيفيَّةَ عَرْضِ جِسْمٍ مُنيرٍ أو مُنارٍ على جِدارِ غُرفةٍ مُعتَّمةٍ بتَسْليطِ الضوءِ عليه عَبْرَ ثَقْبٍ دَقيقٍ في الجدارِ المُقابِل. وسُمِّيت هذه الترتيبةُ «القُمْرَة، أو الحُجْرة المُظْلِمَة». ويُمكِنُ تَسْجيلُ الصُّورةِ النِّهائيَّةِ بالخَطِّ فوقَها باليَد.

الصُّوَرُ الفُوتُوغرافيَّةُ الأُولى

خِلالَ العِشْرينيَّاتِ من القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، التَقطَ جوزيف نيپْس الصُّوَرَ الفُوتوغرافيَّةَ الأُولى بوَضْعِ صفائحَ مُسَطَّحةٍ من البِيُوتَر مَطليَّةٍ بالقارِ الحسَّاسِ للضوءِ على جدارِ كاميرا مُظْلِمَة. ورُغْمَ أنَّه كان يُعَرِّضُ الصفائحَ للضوءِ قُرابَةَ ثماني ساعاتٍ أو أكثرَ، فإنَّ الصُّوَرَ لَمْ تكُنْ واضِحَةً.

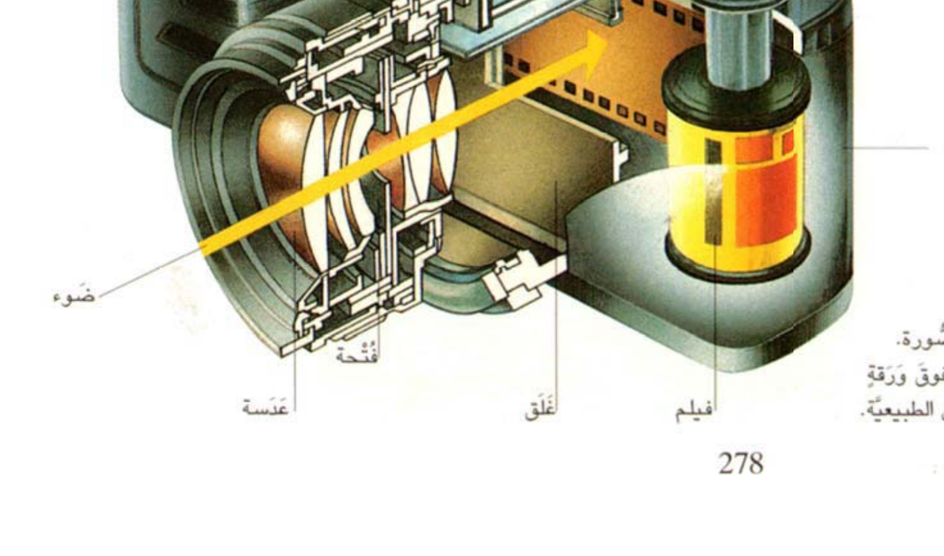
في العام 1837 سَجَّلَ الرسَّامُ الفرَنْسيُّ لويس داچير (1789 – 1851)، صُوَرًا على صفائحَ مَعْدنيَّةٍ مُغَشّاةٍ بمادَّةٍ كيماويَّةٍ حسَّاسَةٍ للضوءِ هي يُوديدُ الفِضَّة. ثُمَّ عالَجَ تِلْكَ الصُّوَرَ، المُسَمَّاة طَبَعات داچير، ببُخار الزِّئبق ومِلْحِ الطَّعام. ورُغْمَ أنَّ الزِّئبقَ ساعدَ على مَنْعِها من الإعتامِ في الضَّوء، فكان يَنْبَغي إبقاءُ طَبَعاتِ داچير خَلْفَ الزُّجاجِ ومُعَايَنتُها من زاويةٍ مُعَيَّنةٍ لِرُؤيةِ الصُّوَرِ واضِحَةً.



الطَّبَقاتُ السِّتُّ للفيلم المُلَوَّن: الطَّبَقةُ 1 تُسَجِّلُ الضوءَ الأزرق؛ الطبقةُ 2 تمتَصُّ الضوءَ الأزرقَ الفائض؛ الطبَقةُ 3 تُسَجِّلُ الضوءَ الأَخْضر؛ الطبَقةُ 4 تُسَجِّلُ الضوءَ الأحْمر؛ الطبَقةُ 5 قاعِدةٌ لَدائنيَّة؛ والطبَقةُ 6 غِشاءٌ كامِد.

السَّلْبيَّاتُ والمُوجبات

عامَ 1841 سَجَّلَ وِلْيَم تالْبُوت بَراءةَ طريقةٍ راحَتْ تَحُلُّ باطِّراد مَحَلَّ طريقةِ داچير. أسلوبُ تالْبُوت استَخْدمَ وَرَقًا مَطْليًّا بيُوديدِ الفِضَّة ونَمَطًا أساسيًّا من الكاميرات. فكان المُصَوِّرُ يُعَرِّضُ الوَرَقةَ للضوءِ لِمُدَّةِ 30 ثانيةً تقريبًا؛ ثُمَّ تُظْهَرُ الصُّورةُ بِشَطْفِها بمَحاليلَ كيماويَّة. فتَتَحَوَّلُ بِلَّوراتُ يُوديدِ الفِضَّة التي تتعَرَّضُ للضوءِ إلى الأَسْود، والبِلَّوراتُ التي لم تتعَرَّضْ تُشْطَفُ بالماء. وتُسَمَّى الصُّورةُ سَلْبيَّةً لأنَّ الأَجْزاءَ النَّيِّرةَ في المَشْهدِ الأَصْليِّ تَبْدو داكِنَة. ويُمكِنُ إعدادُ عِدَّةِ طَبْعاتٍ مُوجبةٍ لكُلِّ صُورةٍ فُوتوغرافيَّةٍ بتَسْليطِ نُورٍ ساطِعٍ عَبْرَ السَّلبيَّةِ فوقَ وَرَقةٍ حَسَّاسةٍ للضَّوء.



غَلَقُ الكاميرا يُتيحُ لِصُورةٍ مُبَأَّرةٍ إسقاطَ شَعِّها الضوئيِّ على الفيلمِ لِفَتَراتٍ قَصيرةٍ جِدًّا في حُدودِ الجُزْءِ من الألْف من الثانِيَة. وتُحَدِّدُ الفُتْحَةُ شِدَّةَ الضوءِ الساقِطِ على الفيلم.



▲ السَّلْبيَّةُ اللَّونيَّةُ تُبَيِّنُ الألوانَ المُتَتامَّةَ للصُّورة. فعندما يُسَلَّطُ الضوءُ الأبيض عَبْرَ السَّلْبيَّةِ فوقَ وَرَقةٍ فُوتُوغرافيَّةٍ تَتظَهَّرُ لها صُورةٌ مُوجبةٌ بالألوان الطبيعيَّة.

التَّصْويرُ الفُوتُوغرافيُّ الحَديث

في العام 1889، بدأ الأَمْريكيُّ جورج إيستْمان بتَسويقِ الفيلمِ المَلْفوفِ للاستِخْدامِ في الكاميراتِ اليَدويَّةِ الصغيرة. وكان فيلمُ إيستْمان يتألَّفُ من شَريحةٍ مَرِنةٍ من السِّلْيُولويد مُغَشّاةٍ بِمَزيجٍ من الجيلاتين وبلَّوراتِ بروميدِ الفِضَّة. ولقد أَتاحَ تدويرُ الشَّريحةِ عَبْرَ الكاميرا إمكانيَّةَ جمْعِ عِدَّةِ صُوَرٍ على لَفَّةٍ واحدة. كما أمكَنَ إنتاجُ صُوَرٍ مُوجبةٍ مُكَبَّرةٍ على وَرَقٍ فُوتُوغرافيٍّ حاسِيءٍ مُعالَجٍ خِصِّيصًا لذلك.

ومع بَوادِرِ القَرْنِ العِشْرين، كان هناك الكثيرُ من المُصَوِّرين المُحْتَرفين. وبِحُلولِ العِشْرينيَّاتِ من القَرْنِ نَفْسِه غدا التَّصْويرُ الفُوتُوغرافيُّ لِلهُواةِ أمرًا شائعًا ورائجًا. وفي الثلاثينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين أُدخِلَتْ صَمَجاتُ (لَمْباتُ) الوَمْضِ وأفلامُ الشرائحِ الشفَّافة المُلَوَّنة. وفي العام 1941، أُنزِلَتْ إلى الأَسْواق أُولى الأَفلام للطَّبعاتِ المُلَوَّنة. وبِحُلول الثمانينيَّات، صارتِ الكاميرات تُبَئِّرُ العَدَسةَ وتَضْبِطُ تعريضَ الفيلمِ لِلكمِّيَّةِ الصَّحيحةِ من الضوء أُوتوماتيًّا. وتَسْتَخْدِمُ المُخْتَبَراتُ الفُوتُوغرافيَّةُ اليومَ مَكِناتٍ مُطَوَّرةً تُظَهِّرُ الأَفلامَ وتَطْبَعُ الصُّوَرَ الفوتوغرافيَّةَ المُلَوَّنةَ بالحَجْمِ المَطْلوب.

الصُّوَرُ المُتحَرِّكة

تُسَجَّلُ الصُّوَرُ المُتحَرِّكة للعَرْضِ في دُورِ السينما على فيلمٍ سينمائيّ. فالكاميرا السينمائيَّةُ تَلْتَقِطُ 24 صُورةً مُنْفَصِلَةً في الثانيةِ على شريحةٍ فيلميَّةٍ طويلة. ثُمَّ يُظَهَّرُ الفيلمُ مُنْتِجًا صُوَرًا مُوجبةً شَفَّافة. يَمُرُّ الفيلمُ السِّينمائيُّ عَبْرَ جهازِ إسقاطٍ، مُتوَقِّفًا عندَ كُلِّ صُورةٍ لِمُدَّةِ 1/24 من الثانية. جِهازُ الإسْقاطِ يَحْوي مَصْدرَ ضوءٍ قويًّا يَمُرُّ عَبْرَ الفيلم، والعَدَساتُ تُبَئِّرُ الصُّوَرَ الكبيرةَ على الشَّاشة.

الكاميراتُ الرَّقْميَّة

الكاميراتُ الرَّقْميَّةُ مُجَهَّزةٌ بِمَنْظومةِ عَدَساتٍ وفُتْحاتٍ تمامًا كالكاميراتِ العاديَّة. وهذه الكاميراتُ، تَسْتَخْدِمُ بَدَلَ الأفلامِ صَفيحةً حسَّاسَةً للضوء مُصَنَّعةً من مَوادَّ شِبْهِ مُوَصِّلةٍ تَتَبَيَّنُ الصُّوَر. الدَّاراتُ الإلكترونيَّةُ تَمْسَحُ الصَّفيحةَ، وتُحَوِّلُ المَعْلوماتِ إلى شَفْرةٍ رَقْميَّةٍ ثُنائيَّة. وتُسَجِّلُ رُقاقةُ ذاكرةٍ حاسوبيَّةٌ المُعْطَياتِ والبَيانات، التي يُمكِنُ تَمريرُها بعدئذٍ إلى حاسوبٍ أكبَرَ مُجَهَّزٍ بِبَرامجيَّاتٍ لِضَبْطِ الأَلْوانِ والتَّبايناتِ لِكُلِّ صورة. بعضُ الحواسيبِ يُمكِنُها تحريكُ أجزاءٍ من الصورةِ وإضافةُ مُؤَثِّراتٍ خاصَّة - كَتَصْحيحِ التشَوُّهاتِ والتَّلْوين. وتَسْتطيعُ طابِعَةٌ نَسْخَ الصورة على أيِّ مادَّةٍ - من الوَرَقِ حتَّى القُمصانِ الرِّياضيَّة.



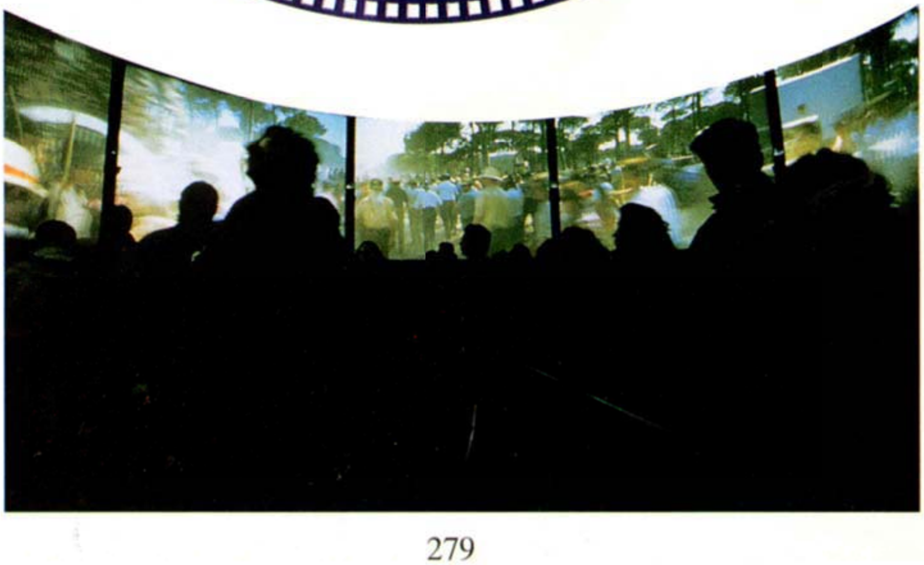
ابتكَر اليابانيُّ توشي كقنْدا محَطَّةً تِلفِزيونيَّةً تَبُثُّ على الإنْتِرْنت. وهو يَسْتَخْدِمُ حاسوبًا حَقيبيًّا لِتَحْريرِ الصُّوَرِ من كاميرا رَقْميَّةٍ قبْلَ إرسالِها إلى مُنَظِّمِ مِلَفَّاتِه في اليابان لِتَضْمينِها البَرْنامَجَ الأَحْدَثَ أو المَلاحِقَ الإخباريَّة. هذه التِّقانةُ تُمَكِّنُ من بَثِّ أخبارٍ سبْقيَّةٍ لم يَمْضِ على حُدوثِها سِوى بِضعِ دقائق.



▲ الكاميرا الرَّقْميَّةُ شَبيهةٌ بالكاميرا التقليديَّة. ويعتَمِدُ عَدَدُ الصُّوَرِ المُنْفَصِلةِ التي يُمكِنُها التِقاطُها على حَجْمِ رُقاقةِ الذَّاكرةِ فيها.



▲ يَبْلُغُ طولُ الفيلمِ السينمائيِّ النموذجيّ 2,5 كيلومتر؛ ويَتَوقَّفُ كُلُّ إطارٍ منه على الشَّاشة لِمُدَّة 1/24 من الثانيَة فقَطْ. العَيْنُ البَشَريَّةُ تَدْمُجُ هذه الأُطُرَ مُحوِّلةً إيَّاها إلى صُوَرٍ تتحَرَّك باستِمْرارٍ سَلِس.



◄ شاشةُ العَرْضِ في صالةِ سينما فيُوتْشَرسْكُوب في بُواتيي، بِفَرَنْسا تُحيطُ بالمُشاهدين - بحيثُ يُمكِنُ عَرْضُ الأفلامِ كمَشاهِدَ مُنْفَصِلةٍ جَنْبًا إلى جَنْبٍ أو كصُورةٍ مُوَحَّدةٍ ضَخمة.

أُنْظُر أيضًا
الضَّوء ص 260 – 261
العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسَة ص 266 – 267
المُوَصِّلات ص 360 – 361
الحواسيب ص 376 – 377

مَصادِرُ الضَّوء

مَصادِرُ الضَّوءِ تُحَوِّلُ أشكالَ الطاقةِ المتنوِّعةِ إلى طاقةٍ ضَوئيَّة. ومَصادِرُ الطاقةِ الأكثَرُ شيُوعًا هي الكهرباءُ والحرارةُ من حَرْقٍ مُخْتلِف أنواعِ الوَقُود.



هذه اللَّوحةُ تُبيِّنُ صالةَ العَشاء في حَفْلٍ أوائلَ القَرْنِ العِشْرين مُنارةً بالشُّموعِ وبمِصْباحٍ زَيْتيّ.

إذا أُحمِيَ جِسْمٌ إلى حوالَى 650°س، دُونَ أنْ يَحْتَرِقَ، فإنَّه يُصدِرُ ضوءًا أحمرَ كامدًا. وبازديادِ درجةِ الحرارة، يزدادُ الضوءُ نُصوعًا وزُهُوًّا - مُتحَوِّلًا من الأَحْمرِ إلى البُرْتقاليِّ ثُمَّ إلى الأَصْفرِ. وفوقَ درجةِ 1250°س، تُصْدِرُ الأجسامُ ضوءًا أبيضَ - فيُقال إنَّها مُتَوهِّجةٌ. الكثيرُ من المصابيحِ يُضيءُ بإحماءِ شيءٍ حتَّى يَتوهَّج.

الشُّمُوعُ ومَصابيحُ الزَّيْت والغاز

تَسْتَخْدِمُ الشُّمُوعُ شَمْعًا حَروقًا كمَصْدرٍ للطاقةِ الحراريَّة. ويُنْتِجُ الشَّمْعُ بالاحتِراق، إضافةً إلى الحرارة، الماءَ وأكسيدَي الكربون والسِّناجَ. حرارةُ اللَّهَبِ تجعَلُ السِّناجَ يَتَوهَّجُ بلَونٍ أصفرَ ناصِع. كذلك تُنْتِجُ مَصابيحُ الزَّيْت والغازِ ضوءًا مُصْفَرًّا من اللَّهَبِ المُضيء.

مَصابيحُ الغازِ الأكثَرُ كِفايةً تَحْرِقُ مَزيجًا مُسْبَقَ التَّحْضير من الغازِ والهواء. لَهَبُ هذه المَصابيح أشَدُّ سُخونةً منه في مِصْباحِ غازٍ بَسيط، وهو خالٍ من السِّناجِ فلا يَتَوهَّج. لكِنَّه يُحمي رتينةً شبكيَّةً مُجَوَّفَةً (تُسَمَّى شَنْبَر)، مُشْرَبَةً بأَملاحِ السِّيريُوم والثُّوريُوم، تَبْتعِثُ ضوءًا أبيضَ ساطِعًا عندما تُحْمَى.



الصَّمَجاتُ الأعلى كِفايةً طاقيَّةً تَسْتَهْلِكُ خُمْسَ الكَهْرباءِ المُسْتَهْلَكةِ في مِصْباحٍ فَتيليّ، وتُنْتِجُ القَدْرَ نَفْسَه من الضَّوء.



▲ كُلُّ صَمْجَةٍ في سِلْسلةِ أَضْواءِ العِيدِ هي نُسْخَةٌ مُصَغَّرَةٌ من مِصْباحٍ فتيليّ.



► يَحْوي المِصْباحُ الفَتيليُّ الحديثُ لَفيفةً من سِلْكِ التَّنْجِسْتن الرفيع، يُسَمَّى فَتيلةً، تَتوَهَّجُ عندما يَمُرُّ فيها تيَّارٌ كهربائيّ. أوَّلُ مِصْباحٍ فَتيليٍّ صالحٍ للاستِعْمال ابتكره المُخْترِعُ الأمريكيُّ توماس إديسُون عام 1879؛ وقد استَخْدَمَ له فَتيلةً كَرْبُونيَّةً في صَمْجَةٍ مُفْرَغَةٍ من الهواء.

المَصابيحُ الفَتيليَّة

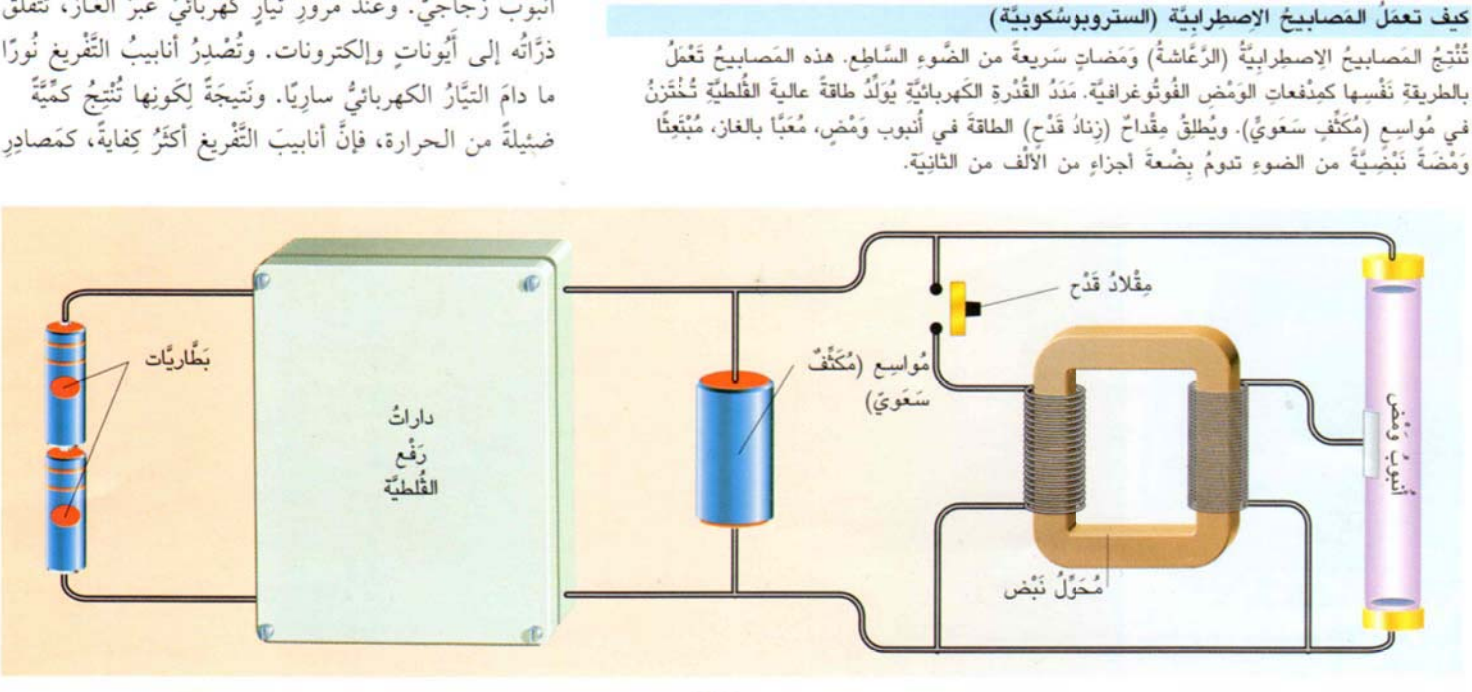
صَمَجاتُ الإضاءة العاديَّةُ تَحْوي لَفيفةً من سِلْك رَفيعٍ من فلزِّ التَّنْجِسْتن، تُسَمَّى الفَتيلةَ. يَمُرُّ تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ الفَتيلةِ فيُحَمِّيها إلى درجةٍ تَفوقُ 1800°س. وهيَ على هذه الدرجة من الحرارة تَبْتَعِثُ ضوءًا أبيضَ شَبيهًا بضَوءِ النَّهار. ويُسْتَخْدَمُ التَّنْجِسْتن لأنَّه لا يَنْصَهِرُ دونَ درجةِ 3410°س - وهي درجةُ الإنصِهار الأعلى بين جميع العناصِر. لكِنَّ التَّنْجِسْتن يَحْترِقُ في الهواءِ على درجة 1800°س، لذا يَنْبغي حَصْرُ الفَتيلةِ في صَمْجَةٍ زُجاجيَّةٍ مع غازٍ خامِلٍ هو عادةً الأَرْجون لا يتفاعَلُ مع التَّنْجِسْتن. وجديرٌ بالذِّكْر أنَّ أقَلَّ خُمْسِ الكَهْرباء المُسْتَهْلكةِ في المِصْباحِ الفتيليِّ يتحَوَّلُ إلى ضَوء، والباقي يُفْقَدُ كطاقةٍ حراريَّة.

أنابيبُ التَّفريغ

أنابيبُ (أو لَمباتُ) التَّفريغ تَحْوي غازًا خَفيضَ الضَّغْط في أنبوبٍ زُجاجيّ. وعندَ مُرورِ تيَّارٍ كَهْربائيٍّ عَبْرَ الغاز، تَتفَلَّقُ ذرَّاتُه إلى أَيُوناتٍ وإلكترونات. وتُصْدِرُ أنابيبُ التَّفْريغ نُورًا ما دامَ التيَّارُ الكهربائيُّ ساريًا. ونَتيجَةً لِكَونِها تُنْتِجُ كمِّيَّةً ضئيلةً من الحرارة، فإنَّ أنابيبَ التَّفْريغ أكثَرُ كِفايةً، كمَصادِرِ

كيف تعملُ المَصابيحُ الإصطِرابيَّة (الستروبوسْكوبيَّة)

تُنْتِجُ المَصابيحُ الإصطِرابيَّةُ (الرَّعَّاشةُ) وَمَضاتٍ سَريعةً من الضَّوءِ السَّاطِع. هذه المَصابيحُ تَعْمَلُ بالطريقةِ نَفْسِها كمِدْفعاتِ الوَمْضِ الفُوتُوغرافيَّة. مَدَدُ القُدْرةِ الكَهربائيَّةِ يُوَلِّدُ طاقةً عاليةَ الفُلْطيَّةِ تُخْتَزنُ في مُواسِعٍ (مُكَثِّفٍ سَعَويٍّ). ويُطلِقُ مِقْداحٌ (زِنادُ قَدْحٍ) الطاقةَ في أُنبوبِ وَمْض، مُعَبًّا بالغاز، مُبْتَعِثًا وَمْضَةً نَبْضيَّةً من الضوءِ تدومُ بِضْعةَ أجزاءٍ من الألْفِ من الثانِيَة.



ضَوءٍ من المَصابيحِ الفَتيليَّة. بعضُ أنابيبِ التَّفْريغ يَستَخْدِمُ بُخارَ الصُّوديُوم كغازٍ تَعْبئة. مَصابيحُ الصوديُوم الخَفيضةُ الضَّغْط تُنْتِجُ ضَوءًا بُرْتُقاليًّا شَديدَ السُّطوع يُسْتَخْدَمُ لإنارةِ الطرُق؛ فيما تَبْتَعِثُ مَصابيحُ بُخار الزئبق ضوءًا أُرْجُوانيًّا أَخْضر. أمَّا المَصابيحُ الشَّريطيَّةُ الملْتَفَّةُ، المُعَبَّأة بغازِ النِّيُون، فتَبْتَعِثُ وَهجًا أَحْمرَ لِلافِتاتِ الإعلانات.

الأنابيبُ الفَلْوَريَّةُ هي أنابيبُ تَفْريغ تَحوي مَزيجًا من غازِ الأَرْجون وبُخارِ الزئبق. عندما يَمُرُّ تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ هذا المَزيج يَبْتَعِثُ ضوءًا فوقَ البَنَفْسجيّ. لكِنَّ الطبَقَة المُغَشِّيَةَ لِداخلِ الأنبوب تَمْتَصُّ الضوءَ البَنَفْسجيَّ وتَبْتَعِثُ ضوءًا أبيضَ شَبيهًا بضَوءِ النَّهار.

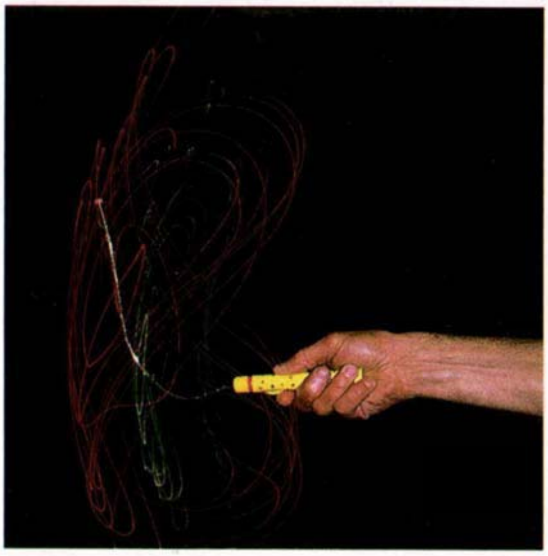
المَصابيحُ القَوْسيَّةُ والوَمْضيَّة

المِصْباحُ القَوسيُّ، أحدُ أقوى مَصادرِ الضوءِ المَعْروفة، كانَ اختِراعُه في القَرْنِ التاسِعَ عَشَر قَبْلَ المِصْباحِ الفَتيليّ. وهو يتألَّفُ من قَضيبَي كَرْبون يُمِدُّهما بالطاقةِ مَصْدرٌ كَهْربائيٌّ، فَتُومِضُ بينَ طرَفَيْهما المُتَقابلَيْن شَرارةٌ مُتَواصِلَةٌ، تُسَمَّى قَوْسًا كَهْربائيًّا. وتَفوقُ دَرَجةُ حرارةِ هذا القَوْس 5000°س، وهي كافِيَةٌ لِتَبْخيرِ بعضِ الكربون، فتَبْتَعِثُ ذرَّاتُ الكربون في القَوس ضَوءًا أبيضَ مُتألِّقًا يَبْهَرُ البَصَر.

قديمًا، كانت المَصابيحُ القَوسِيَّةُ تُستَخْدَمُ في أَجْهزةِ الإسقاطِ السِّينمائيِّ وفي الأَضواءِ الكاشِفَة. ثُمَّ استُبْدِل بها حديثًا أنابيبُ تَفْريغ عاليةُ الضَّغْط تَحوي غازَ الزِّنون أو الكرِبْتون، وهي فائقةُ الكِفاية. وتُسْتَخْدَمُ نُسَخٌ أصغَرُ من هذا النَّمطِ من المَصابيح في وَحَداتِ الوَمْضِ في الكاميرات.



تَنْطلِقُ الشَّرَرُ عندَ صَبِّ فلزٍّ صَهيرٍ في قالَبٍ. كُلُّ شَرارةٍ هيَ بُرْشَةٌ من الفلزِّ الحارِّ، الذي يَتوَهَّجُ بتَفاعُلِه مع أكسجينِ الهواء.



الأَضواءُ الكيماويَّة

بَعْضُ النباتاتِ والحيَوانات تَبْتَعِثُ ضَوءًا بطريقةٍ تُسَمَّى التَّفَسْفُرَ الأَحيائيّ. وبتَواجُدِ أنْزيمِ اللُّوسِفْراز، تَتفاعَلُ مادَّةُ اللُّوسِفْرين مع الأُكسِجين مُبْتَعِثةً ضَوءًا. المُتعَضِّياتُ المُختلِفةُ تَحوي أنماطًا مُختلِفَةً من اللُّوسِفْرين، التي قدْ تتوَهَّج بلَونٍ أحمرَ أو أصفرَ أو أخضرَ أو أزرقَ باهِت. سَمَكُ الأعماقِ، أبو شِصّ، يَجْتذِبُ فرائسَه بِطُعْمٍ مُتوَهِّجٍ مُعَلَّقٍ فوقَ فَمِه. والحُباحِبُ تَبْتَعِثُ ضوءًا مُصْفَرًّا لاجتِذابِ القَرين. وقد توَصَّلَ الكيميائيُّون اليومَ إلى تَحْضيرِ مُرَكَّباتٍ اصطِناعيَّةٍ لُوسِفْرينيَّة النَّمَط لاستِخْدامِها مع اللُّوسِفْراز في عُصِيِّ الإشعاعِ الضَّوئيِّ الكيماويّ.

► تتألَّفُ العَصا الضوئيَّةُ من بطَّاريَّةٍ وصَمْجةٍ صَغيرةٍ مُتَّصِلَةٍ بمَجْموعةٍ من الأَلْيافِ البَصَريَّة. يَنْعَكِسُ الضوءُ انعكاساتٍ داخليَّةً كُلِّيَّةً على امتِدادِ دواخِلِ جُدْران الألياف، ويَنْبَثِقُ من نِهاياتِها.



▲ تَمْتَزِجُ الكيماويَّاتُ داخِلَ العَصا الضوئيَّةِ عندَ ثَنْيِ العَصا اللَّدائنيَّة، وتَنْكسِرُ الكَبْسُولةُ الزُّجاجيَّةُ بداخلِها – فتَتوَهَّجُ الكيماويَّاتُ بتَفاعُلِها معًا.

▼ تَعيشُ أسماكُ الضوءِ الوَمْضيُّ في أعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمة. وهي تَسْتَخْدِمُ التَّفَسْفُرَ الأحيائيَّ لاجتِذابِ الفَرائسِ وبَهْرِها.



أُنْظُر أيضًا

الغازاتُ النَّبيلة ص 180
الضَّوء ص 260 – 261
الدَّاراتُ الكَهْربائيَّة ص 340 – 341

الطاقةُ الضَّوئيَّة

الطاقةُ الضوئيَّةُ شَكْلٌ من الإشْعاعِ الكَهْرُمِغْنيطيِّ. وتبَعًا للظُّروف، فإنَّ الضوءَ يُمكِنُ أنْ يَسْلُكَ كأَمْواجٍ أو يتصَرَّفَ كدَفْقٍ من الجُسَيْمات.

عندما يَرْغبُ الفنَّانون والعُلماءُ في وَصْفِ شيءٍ يبدأ الكثيرُ منهم في وصفِ مَظهَره. ويعتَمِدُ ما يُشاهِدونَه على كيفيَّةِ عَكْسِ ذلك الشَّيءِ للضَّوءِ وعلى كيفيَّةِ تَبَيُّنِ عيُونِهم لِذلك الضَّوء. ومن الواضِح أنَّ النَّظَرَ إلى الضوءِ بالطريقةِ نَفْسِها أمرٌ مُسْتَحيل؛ لِذا فإنَّ الفنَّانينَ يأخُذون بالإعتِبارِ طريقةَ إضاءَةِ الضوءِ للأشْياءِ، فيما يدرسُ العُلماءُ كيفيَّةَ تأثيرِ الضوءِ في المَوادِّ التي تُماسُّه. وهُم بذلكَ يكتشِفونَ أنَّ الضَّوءَ أحيانًا يَسْلُكُ بِطَريقةٍ مَثيلةٍ لِسُلوكِ التمَوُّجاتِ في بِركَةِ ماء. وفي ظُروفٍ أُخرى، يُؤَثِّرُ الضوءُ في المادَّةِ كأنَّه سَيْبٌ دافِقٌ من الجُسَيْمات.



▲ تتألَّفُ الخليَّةُ الشَّمْسيَّةُ من رَقيقتَيْن من شِبْه مُوَصِّلٍ سِليكونيٍّ مُوَسَّطتَيْن بَيْن مُلامِسَيْن كهربائيَّيْن. تَختلِفُ تراكيبُ الطبَقتَيْن قليلًا؛ وضوءُ الشَّمْسِ يَجْعَلُ الإلكتروناتِ تَقْفِزُ من طبَقةٍ إلى أُخرى. هذه الإلكتروناتُ تَسْري خارِجَ الخليَّةِ عَبْرَ أحدِ المُلامِسَيْنِ الكهربائيَّيْن. وتَسْري إلكتروناتٌ أُخرى إلى داخلِ الخليَّةِ عَبْرَ المُلامِسِ الآخر، فيَبْدأُ تيَّارٌ كهربائيٌّ بالسَّرَيان.

الظاهِرَةُ الكَهْرَضوئيَّة

الخَلايا الفُلْطائيَّةُ الضوئيَّةُ، أو الخلايا الشَّمْسيَّةُ، تَسْتَخْدِمُ الظاهِرَةَ الكَهْرَضوئيَّةَ لِتَوليدِ الكهرباءِ من ضوءِ الشَّمْس. وتَحْدُثُ هذه الظاهِرَةُ عندما يَسْقُطُ الضوءُ المَرْئيُّ أو الإشعاعُ فوقَ البَنَفْسجيّ على سَطْحِ مَوادَّ مُعيَّنة. فيَقْذِفُ الضوءُ أو الإشعاعُ إلكتروناتٍ من المادَّة يُمكِنُ قِياسُها بِعَدَّادٍ كهربائيّ.

واللّافِتُ في الظاهِرَةِ الكهرَضوئيَّة هو أنَّها لا تَعْمَلُ إلَّا بِضَوءٍ ذي تَرَدُّدٍ فوقَ قيمةٍ مُعيَّنة. ودونَ هذه القيمةِ، لا تُبْتَعَثُ أيُّ إلكتروناتٍ مَهما تبلُغْ شِدَّةُ الضوءِ السَّاقطِ على المادَّة - مع مُلاحظةِ أنَّ الترَدُّدَ الأدْنى لحُدوثِ الظاهرةِ الكهرَضوئيَّة يَعتَمِدُ على نَوْعِ المادَّة.

الفُوتُونات - الضَّوءُ كجُسَيْمات

في العام 1905، اقترحَ الفِيزيائيُّ الأمريكيُّ (الألمانيُّ المَوْلد)، ألبِرْت أيْنشتَين (1879 - 1955)، تَفْسيرًا للظاهِرَةِ الكهرَضوئيَّة على أساسِ أنَّ الضوءَ يَسْلُك كأنَّه دَفْقٌ من الجُسَيْمات.

الإلكتروناتُ في أيِّ مادَّةٍ مَشدودةٌ إليها بقُوَى الإنجذاب إلى نَوى الذرَّات في تِلك المادَّة. وهي تَحْتاجُ إلى دَفْعَةٍ طاقيَّةٍ لكي تَتحَرَّرَ من هذا الجَذْب - تمامًا ككُرَةِ القَدَم التي تَحْتاجُ إلى رَكْلةٍ كي تَصْعدَ سَفْحًا تَلِّيًا. في الظاهرةِ الكهرَضوئيَّةِ، مَصْدرُ تِلكَ الرَّكْلةِ الدَّافعةِ هو الضوء. لقد ارتأى أينشتَين أنَّ الضوءَ هو دَفْقٌ من رِزَمٍ طاقيَّةٍ صَغيرةٍ، تُسَمَّى فُوتُوناتٍ (أو كَمَّاتٍ ضَوئيَّةً)؛ وأنَّ طاقةَ كُلِّ فُوتُونٍ تعتَمِدُ على تَرَدُّدِه. فإذا كان تَرَدُّدُ الضوءِ خفيضًا جدًّا، فإنَّ «الرَّكْلةَ»، التي يَسْتطيعُ الفُوتُونُ تَزْويدَ الإلكترونِ بها، تكونُ ضَعيفةً جدًّا، فلا تُمَكِّنُ الإلكتروناتِ من الإفلات. لكِنَّ طاقةَ كُلِّ فُوتُونٍ فوقَ تَرَدُّدٍ مُعيَّنٍ تَكْفي لِقَذْفِ الإلكترونات، كما يَحْدُثُ في الظاهِرَةِ الكَهْرَضوئيَّة.

الضَّوءُ كأمْواج

ظَلَّ معظمُ الفيزيائيِّينَ يَصفون الضوءَ كنَمَطٍ من حَرَكةٍ مَوْجيَّةٍ حَتّى جاءَ أيْنشتَيْن بِمَفهومِ الكَمِّ واعتِبارِ الضوءِ دَفْقًا من حُزَمٍ طاقيَّة. لقد تَوَصَّلَ الفيزيائيُّون إلى استِنْتاجاتِهم حوْلَ طبيعةِ الضوءِ المَوجيَّةِ لِشَرحِ خصائصَ كالإنكِسار والحُيود والتداخُلِ الشبيهةِ بِسُلوكِ الأمْواجِ الصوتيَّةِ أو المائيَّة.

وفي العام 1873، تَوَصَّلَ الفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس كلارْك ماكْسويل (1831 - 1879) إلى مُعادلاتٍ تَصِفُ الضوءَ كَتَوليفةٍ من مَجالَيْنِ كهربائيٍّ ومِغْنَطيسيٍّ يَتذَبْذبان بزوايا قائمةٍ واحِدُهما مع الآخر، وأيضًا بالزوايا نَفْسِها مع اتِّجاهِ انطِلاقِ الضَّوء.



تَنْتَشِرُ الطاقةُ الضوئيَّةُ من مَصْدرِها كما تَنْتَشِرُ التمَوُّجاتُ المائيَّةُ عندَ سُقوطِ حَجَرٍ في بُحَيْرة. وهذا مَثَلٌ على السُّلوكِ المَوجيِّ للضَّوء.



تُنْتِجُ الخليَّةُ الشَّمسيَّةُ الواحدةُ حوالى 0,5 فُلْط؛ ويعتَمِدُ التيَّارُ المُتاحُ على مِساحةِ الخليَّة. فالخليَّةُ الشَّمْسيَّةُ التي قُطْرُها 10 سنتيمترات يُمكِنُها توليدُ تيَّارٍ مِقْدارُه حوالى 1,5 أمبير في ضوءِ الشَّمْسِ السَّاطِع. الخلايا الشمسيَّةُ في المأطوراتِ المُبَيَّنةِ هُنا مُوَصَّلَةٌ بأسْلاكٍ على التوالي لِتَوفيرِ فُلْطيَّةٍ أعلى، وعلى التَّوازي لِتَوليدِ تيَّارٍ أشَدّ.

الطاقةُ الضَّوئيَّة

الطاقةُ الضوئيَّةُ شَكْلٌ من الإشْعاعِ الكَهْرُمِغْنيطيِّ. وتبَعًا للظُّروف، فإنَّ الضوءَ يُمكِنُ أنْ يَسْلُكَ كأَمْواجٍ أو يتصرَّفَ كدَفْقٍ من الجُسَيْمات.



▲ تتألَّفُ الخليَّةُ الشَّمْسيَّةُ من رَقيقتَيْن من شِبْه مُوَصِّلٍ سِليكونيٍّ مُوَسَّطتَيْن بَيْن مُلامِسَيْن كهربائيَّيْن. تَختلِفُ تراكيبُ الطبَقتَيْن قليلًا؛ وضوءُ الشَّمْسِ يَجْعَلُ الإلكترونات تَقْفِزُ من طبَقةٍ إلى أُخرى. هذه الإلكتروناتُ تَسْري خارِجَ الخليَّةِ عَبْرَ أحدِ المُلامِسَيْنِ الكهربائيَّيْن. وتَسْري إلكتروناتٌ أُخرى إلى داخِلِ الخليَّةِ عَبْرَ المُلامِسِ الآخر، فيَبْدأُ تيَّارٌ كهربائيّ بالسَّرَيان.

عندما يَرْغبُ الفنَّانون والعُلماءُ في وَصْفِ شيءٍ يبدأ الكثيرُ منهم في وصفِ مَظهَره. ويعتَمِدُ ما يُشاهِدونَه على كيفيَّةِ عَكْسِ ذلك الشَّيءِ للضَّوءِ وعلى كيفيَّةِ تَبيُّنِ عيُونِهم لِذلك الضَّوء. ومن الواضِح أنَّ النَّظَرَ إلى الضوءِ بالطريقةِ نَفْسِها أمرٌ مُسْتَحيل؛ لِذا فإنَّ الفنَّانينَ يأخُذون بالاعتِبارِ طريقةَ إضاءةِ الضوءِ للأَشْياءِ، فيما يدرسُ العُلماءُ كيفيَّةَ تأثيرِ الضوءِ في المَوادِّ التي تُماسُّه. وهُم بذلكَ يكتشِفونَ أنَّ الضَّوءَ أحيانًا يَسْلُكُ بطَريقةٍ مُثيلةٍ لِسُلوكِ التمَوُّجاتِ في بِركَةِ ماء. وفي ظُروفٍ أُخرى، يُؤَثِّرُ الضوءُ في المادَّةِ كأنَّه سَيْبٌ دافِقٌ من الجُسَيْمات.

الظاهِرَةُ الكَهْرَضوئيَّة

الخَلايا الفُلْطائيَّةُ الضوئيَّةُ، أو الخلايا الشَّمْسيَّةُ، تَسْتَخْدِمُ الظاهِرَةَ الكَهْرَضوئيَّةَ لِتَوليدِ الكهرباءِ من ضوءِ الشَّمْس. وتَحْدُثُ هذه الظاهِرَةُ عندما يَسْقُطُ الضوءُ المَرْئيُّ أو الإشعاعُ فوق البنَفْسجيِّ على سَطْحِ مَوادَّ مُعيَّنةٍ. فيَقْذِفُ الضوءُ أو الإشعاعُ إلكتروناتٍ من المادَّة يُمكِنُ قِياسُها بِعَدَّادٍ كهربائيّ.

واللَّافِتُ في الظاهِرَةِ الكهرَضوئيَّة هو أنَّها لا تَعْمَلُ إلَّا بِضَوءٍ ذي تَرَدُّدٍ فوقَ قيمةٍ مُعيَّنةٍ. ودونَ هذه القيمةِ، لا تُبْتَعَثُ أيُّ إلكتروناتٍ مَهما تبلُغْ شِدَّةُ الضوءِ السَّاقِطِ على المادَّة – مع مُلاحظةِ أنَّ الترَدُّدَ الأدْنى لحُدوثِ الظاهرةِ الكهرَضوئيَّة يَعتَمِدُ على نَوْعِ المادَّة.

الفُوتُونات – الضَّوءُ كجُسَيْمات

في العام 1905، اقترحَ الفِيزيائيُّ الأمريكيُّ (الألمانيُّ المَوْلد)، أَلبِرْت أَيْنشتَين (1879 – 1955)، تَفْسيرًا للظاهِرَةِ الكهرَضوئيَّة على أساسِ أنَّ الضوءَ يَسْلُك كأنَّه دَفْقٌ من الجُسَيْمات.

الإلكتروناتُ في أيِّ مادَّةٍ مَشدودةٌ إليها بقُوَى الانجذاب إلى نَوى الذرَّات في تِلك المادَّة. وهي تَحْتاجُ إلى دَفْعَةٍ طاقيَّةٍ لكي تَتحَرَّرَ من هذا الجَذْب – تمامًا ككُرَةِ القَدَم التي تَحْتاجُ إلى رَكْلةٍ كي تَصْعدَ سَفْحًا تَلِّيًّا. في الظاهِرةِ الكهرَضوئيَّةِ، مَصْدرُ تِلكَ الرَّكْلةِ الدَّافعةِ هو الضوء. لقد ارتأى أينشتَين أنَّ الضوءَ هو دَفْقٌ من رِزَمٍ طاقيَّةٍ صَغيرةٍ، تُسمَّى فُوتُوناتٍ (أو كَمَّاتٍ ضَوئيَّة)؛ وأنَّ طاقةَ كُلِّ فُوتُونٍ تعتَمِدُ على تَردُّدِه. فإذا كان تَردُّدُ الضوءِ خفيضًا جدًّا، فإنَّ «الرَّكْلةَ»، التي يَسْتطيعُ الفُوتُونُ تَزْويدَ الإلكترونِ بها، تكونُ ضَعيفةً جدًّا، فلا تُمكِّنُ الإلكتروناتِ من الإفلات. لكِنَّ طاقةَ كُلِّ فُوتُونٍ فوقَ تَرَدُّدٍ مُعيَّنٍ تَكْفي لِقَذْفِ الإلكترونات، كما يَحْدُثُ في الظاهِرَةِ الكَهْرَضوئيَّة.

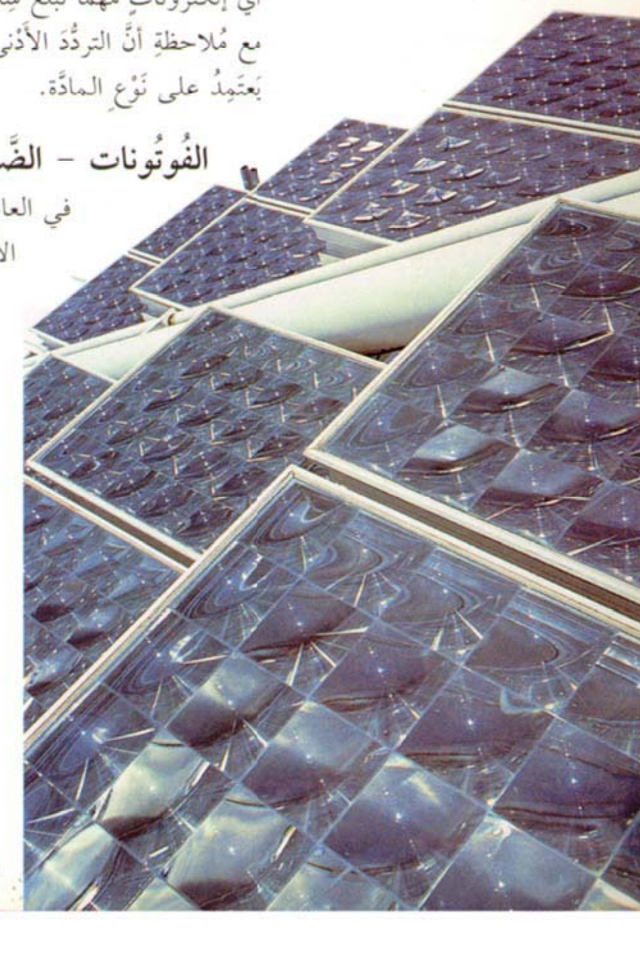


تَنْتَشِرُ الطاقةُ الضوئيَّةُ من مَصْدرِها كما تَنْتَشِرُ التمَوُّجاتُ المائيَّةُ عندَ سُقوطِ حَجَرٍ في بُحَيْرة. وهذا مَثَلٌ على السُّلُوكِ المَوجيِّ للضَّوء.

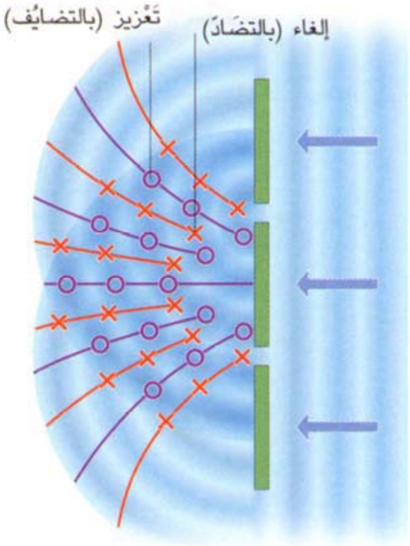
الضَّوءُ كأمْواج

ظَلَّ معظمُ الفيزيائيِّينَ يَصفون الضوءَ كنَمَطٍ من حَرَكةٍ مَوْجيَّةٍ حَتّى جاءَ أَينْشتَيْن بِمَفهوم الكَمِّ واعتِبارِ الضوءِ دَفْقًا من حُزَمٍ طاقيَّة. لقد توَصَّلَ الفيزيائيُّون إلى استِنْتاجاتِهم حوْلَ طبيعةِ الضوءِ المَوجيَّةِ لِشَرحِ خصائصَ كالإنكِسار والحُيود والتداخُلِ الشبيهةِ بِسُلوكِ الأَمْواجِ الصوتيَّةِ أو المائيَّة.

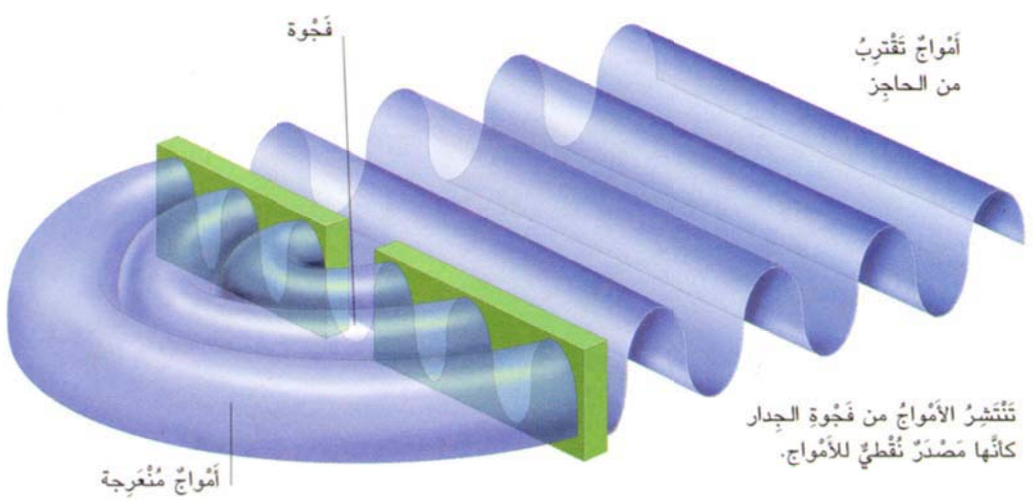
وفي العام 1873، توَصَّلَ الفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس كلارْك ماكْسويل (1831 – 1879) إلى مُعادلاتٍ تَصِفُ الضوءَ كتَوليفةٍ من مَجالَيْنِ كهربائيٍّ ومِغْنَطيسيٍّ يَتذَبْذبان بزوايا قائمةٍ واحِدُهما مع الآخَر، وأيضًا بالزوايا نَفْسِها مع اتِّجاهِ انطِلاقِ الضَّوء.



تُنْتِجُ الخليَّةُ الشَّمسيَّةُ الواحدةُ حوالى 0,5 فُلْط؛ ويعتَمِدُ التيَّارُ المُتاحُ على مساحةِ الخليَّة. فالخليَّةُ الشَّمْسيَّةُ التي قُطْرُها 10 سنتيمترات يُمكِنُها توليدُ تيَّارٍ مِقْدارُه حوالى 1,5 أمبير في ضوءِ الشَّمْسِ السَّاطِع. الخلايا الشمسيَّةُ في الماطوراتِ المُبَيَّنةِ هُنا مُوَصَّلَةٌ بأسْلاكٍ على التوالي لِتَوفيرِ فُلْطيَّةٍ أعلى، وعلى التَّوازي لِتَوليدِ تيَّارٍ أشَدّ.



فَجْوَتا الحاجزِ تَعْملانِ كمَصْدرَيْن مَوجيَّيْن جديدَيْن. فحيثُ تلْتَقي ذُرَى الأَمواج من فَجْوَتَيْن مُختلِفتَيْن تتداخَلُ تَضايُفًا وتَتعزَّز، وحَيْثُ تتضادُّ ذُرى الأمواج تُلْغي واحدتُها الأُخرى.



الحُيود (الإنْعِراج)

عندما تَصْدِمُ أَمْواجُ الماءِ جِدارًا به فَجْوةٌ صغيرةٌ، تَنْتَشِرُ أَمْواجٌ من تلك الفَجْوةِ في سِلْسِلةٍ من الدوائر المُتَزايدَةِ الإتِّساع – تمامًا كما لو كانتِ الفَجْوةُ نفسُها مَصْدرًا مَوْجيًّا. مِثْلُ هذا الانتِشارِ من أيِّ فَجْوةٍ يُسَمَّى حُيودًا. وتَنْطَبِقُ هذه الظاهرةُ على أمواجِ الصوت أيضًا. فإذا كان شخصٌ يَمُرُّ بأحدِ المنازل حيثُ المُوسيقى تَصْدَحُ، وهناك نافذةٌ مَفْتوحة، فإنَّه يسمَعُ الأنغامَ القراريَّةَ العميقةَ النَّغَم أوَّلًا وهو يَقْتَرِبُ من النافِذَة. أمَّا الأَنْغامُ العاليةُ الطبَقَة الحادَّةُ النَّغم فلا يَسْمَعُها إلَّا قُرْبَ النافذة – ذلك لأنَّ أمواجَها الصوتيَّةَ العاليةَ التردُّدِ أقلُّ انعِراجًا. كذلك فإنَّ الضوءَ المارَّ في شَقٍّ، لن يَنْتَشِرَ عَبْرَه ما لم يكُنْ عَرْضُ الشَّقِّ مُماثلًا للطُّولِ المَوجيِّ للضَّوء.

التَّداخُل

عندما تَنْعَرِجُ أمواجُ الماءِ عَبْرَ فَجْوتَيْن مُتَجاورتَيْن جَنْبًا لجَنْبٍ، تَعْمَلُ الفَجْوتان كمَصدرَيْن مَوجيَّيْن مُنْفَصِلَيْن مُتَساوِقَي الخَطوة. وعندَ انْتِشارِ الأمواجِ من هذين المَصْدرَيْن المُنفصِلَيْن، تتداخَلُ الواحدةُ مع الأُخرى. فحَيْثُ تَلْتَقي ذُرْوةُ المَوْجةِ مع بَطْنٍ أُخرى يَحْدُثُ الإلغاءُ – ويَبْقى سَطْحُ الماءِ ساكِنًا. وحيثُ تَلْتَقي ذُرْوَتان أو بَطْنان، فالنَّتيجَةُ هي ذُرْوةٌ أو بَطْنٌ أعظَمُ.

عندما يَسْطَعُ ضَوءٌ أُحاديُّ الطُّولِ المَوْجيّ عَبْرَ شَقَّيْن دَقيقَيْن في سِتارةٍ، فهو يَنْتَشِرُ من الشَّقَّيْن مُكَوِّنًا نَسَقًا تداخُليًّا. وعندَ تلَقِّي هذا النَّسقِ على شاشَةٍ، تَظْهَرُ سِلْسِلةٌ من الخُطوطِ النَّيِّرةِ والقاتِمة – نَيِّرةٌ حيثُ تُعزِّزُ الأمواجُ الضوئيَّةُ بَعْضَها تَضايُفًا، وقاتمةٌ حيثُ تُلْغي الأمواجُ بعضَها تَضادًّا. وهذا مثَلٌ على سُلوكِ الضوءِ كأمواج.

الجُسَيْماتُ كالأَمْواج

بعدَ مُضيِّ وَقْتٍ قَصيرٍ على مَنْظورِ أيْنشتَين بإمكانيَّةِ سُلوكِ الضوءِ كجُسَيْمات، ارتأى الفيزيائيُّ الفَرَنْسيُّ لويس دي بْروي «بروغلي» (1892 – 1987) أنَّ العَكْسَ قد يكونُ صَحيحًا؛ وأنَّ الجُسَيْماتِ يُمكِنُ أنْ تَسْلُكَ كأَمواج. وهو حَسَبَ أنَّ الجُسَيْماتِ الأخَفَّ فقَطْ قد تكونُ ذاتَ أطوالٍ مَوجيَّة يُمكِنُ اختِبارُها بالتجربة. وفي العام 1924، أطلَقَ دي بْرُوي حُزْمةً من الإلكترونات على بِلَّورةٍ؛ فوجَدَ أنَّها انعرجَتْ عَبْرَ فَجَواتٍ بينَ ذرَّاتِ البِلَّورةِ، مُخلِّفةً نَسَقًا تداخُليًّا على صَفيحةٍ فُوتُوغرافيَّة. لقد سَلكتِ الإلكتروناتُ سُلوكَ الأَمْواج!



▲ تعمَلُ هذه المَنارةُ العائمةُ بالقُدْرة الشَّمسيَّة. وهي مُجَهَّزةٌ بأربعِ ماطوراتٍ شمسيَّةٍ مُغَطَّاةٍ بخَلايا قُلطائيَّةٍ ضوئيَّة. والخلايا تَشْحَنُ البطَّاريَّةَ التي تُزَوِّدُ المَنارةَ بالقُدْرةِ لَيْلًا.



◄ قد يكونُ بالإمكان تجهيزُ السُّفُنِ الفَضائيَّةِ المُسْتَقبليَّةِ بأشْرِعةٍ ضَخْمةٍ – بحَيثُ تصدِمُ الفُوتُوناتُ، من نُجوم مُجاورةٍ، هذه الأشْرِعةَ، فتَدْفَعُ السُّفُنَ قُدُمًا.

أُنْظُر أيضًا

الإشْعاع ص 244 – 245
الكَهْرُمغْنَطيسيَّة ص 344 – 345
الطَّاقةُ المُتجَدِّدة ص 458 – 459

سُرعةُ الضَّوء

يَسْري الضوءُ عَبْرَ الفراغ في خُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ بِسُرعةٍ ثابتةٍ تبلُغُ 299792 كيلومترًا في الثانِيَة. ولا يُمكِنُ لأيِّ شيءٍ في الكَوْن تجاوُزُ هذه السُّرعة.





تَحْدُثُ أشياءُ غَريبةٌ عندَ مُقارَبةِ سُرعةِ الضوء. فلِلْمُراقِبِ على الأرض، يَبْدو الصَّاروخُ المُنْطلِقُ بِسُرعةٍ تُقارِبُ سُرعةَ الضوء مُنْكَمِشًا في اتِّجاهِ انطِلاقه، وتَبْدو حَرَكةُ ساعةٍ على المَرْكَبةِ الفَضَائيَّةِ أبطأ. لكِنَّ الرَّاكِبَ على مَتْنِ الصَّاروخِ لَنْ يُدْرِكَ هذه التغَيُّرات.

▼ تَزْدادُ كُتْلةُ الجِسْم سريعًا باقتِرابِ سُرعتِه من سُرعةِ الضَّوء. وتَتَنَبَّأُ مُعادَلةُ أيْنشتَيْن الشهيرة ط «الطاقة» = ك «الكتلة» × س^2 بأنَّ كُتْلةَ أيِّ جِسْمٍ تَتعاظَمُ لا نِهائيًّا عندَ سُرعةِ الضوء. وهذا يَجْعَلُ من المُستحيل بُلوغَ سُرعةِ الضوء. ولعَلَّ مَقولةَ المَركباتِ الأسرعِ من الضوء ستَبْقَى مادَّةً في قِصَصِ الخَيالِ العِلْميِّ فقط.

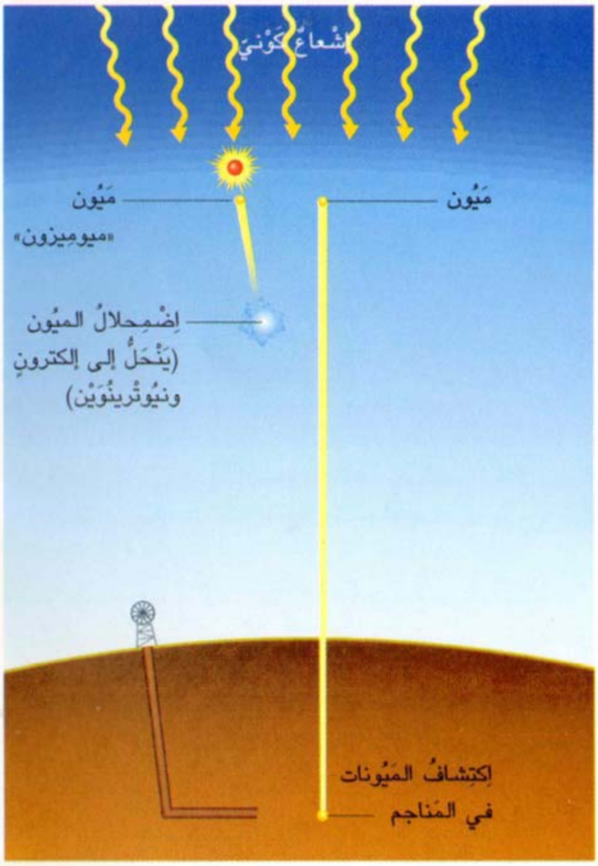
يَسْري الضَّوءُ عَبْرَ الخَواءِ، في الفَضَاء، بِسُرعةِ 299792 كيلومترًا في الثانِيَة. وتُمَثَّلُ هذه السُّرعةُ بالرَّمْز س (C). وبِهٰذه السُّرعة، يَسْتَغْرِقُ الضوءُ حوالى 8 دقائق لِيَقْطَعَ 150 مليون كيلومتر – وهي المَسافةُ بين الشَّمْسِ والأرض. كما يَسْتَغْرِقُ 4,3 سنةً ضوئيَّةً لِيَصِلَ الأرضَ من الظُّلْمان القريب – النَّجْمِ الأقْربِ إلى الأرض.

أيْنشتَيْن والنِّسْبيَّة

وضعَ أيْنشتَيْن نَظَرِيَّتَي النِّسْبيَّة الخاصَّة عام 1905 والعامَّة سنة 1915 اللتين تنَبَّأتا بظواهِرَ غريبةٍ على مَقْرُبةٍ من سُرعةِ الضوء أكَدَتْ مُعظمها دراساتٌ لاحِقة. وقد حقَّقَ ذلكَ باعتِبارِ ما أسماه «أُطُرَ الإسنادِ العَطاليّ».

تَصوَّرْ ذُبابةً تَئِزُّ قُدُمًا، داخِلَ قِطارٍ، بِسُرعةِ مِتْرَيْن في الثانية. وكان القِطارُ ينطلِقُ بِسُرعة 100 مترٍ في الثانِيَة، فإنَّ المُراقِبين على جانِبَي خَطِّ السِّكَّة الحديديَّة سَيَقيسون سُرعةَ الذُّبابةِ بما يَبْلُغ 102 متر في الثانية حسَبَ إطارِهم الإسناديّ العَطاليّ – فيما يقيسُ المُراقبون على مَتْنِ القطار سُرعةَ الذُّبابةِ بمِقدار مترَيْن في الثانية في إطارِ الإسنادِ العَطاليّ للقِطار. ففي مثْلِ هذه السُّرعات تَتَطابَقُ أُطُرُ الإسناد.





تَنْبَعِثُ الأشِعَّةُ الكَوْنيَّةُ جُسَيْماتٍ غيرَ مُسْتَقِرَّةٍ تُسَمَّى مَيُونات، تَنْطلِقُ بِسُرعةٍ تُقارِبُ سُرعةَ الضوء. ويُفْتَرَضُ أنَّها، بتأثير النِّسْبيَّة، تَضْمَحِلُ على عُمْقِ 600 متر فقط من سَطْحِ الأرض. لكِنَّها في الواقِعِ تَخْتَرِقُ أعماقَ الأرض إلى حوالى عدَّةِ كيلومترات – لأنَّ النِّسْبيَّةَ تُبَطِّئُ اضمِحْلالَها.

لكِنَّ الأشياءَ تَتَغَيَّرُ إذا كان في مَقْدورِ القِطار الانطِلاقُ بِسُرعةِ مترٍ في الثانيةِ أقَلَّ من سُرعةِ الضوء. فسَيَظلُّ المُراقبون، في إطارِ الإسنادِ للقطار، يُشاهدونَ الذُّبابةَ تَتحَرَّكُ قُدُمًا بِسُرعةِ مِترَيْن في الثانية. لكِنَّ المُراقبين على جانِبَي خطِّ السِّكَّةِ الحديديَّة، لنْ يُشاهدوا الذُّبابةَ تَتحَرَّكُ بسُرعةِ مترٍ في الثانيةِ أزْيَدَ من سُرعةِ الضَّوء، في الواقِع، ستَبْدو عِدَّةُ أشياء غَريبةً. فالذُّبابةُ والقِطارُ سيَبْدوان مُقَصَّرينِ إلى جُزْءٍ من طولِهما، وستَبْدو حركةُ الذُّبابةِ أزْيَدَ قليلًا جدًّا من سُرعةِ القِطار – لكن، طَبْعًا، أبْطأ من سُرعةِ الضوء.

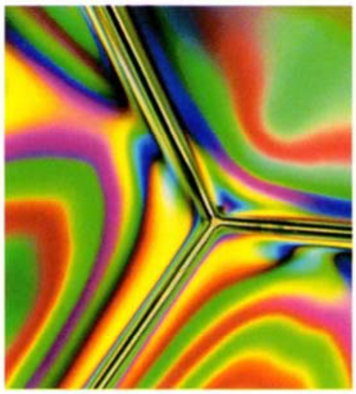
حتَّى بِنِصْفِ سُرعةِ الضوء، فإنَّ القطارَ الذي طولُه 100 متر وكُتْلَتُه 1000 طُنٍّ سيَبْدو طولُه للمُراقبين على جانِبَي خطِّ السِّكَّة الحديديَّة 87 مترًا. فيما يَثْقلُ وزنُه بِمِقدار 150 طُنًّا. وسيَقولون أيضًا إنَّ حركةَ الساعاتِ على مَتْنِ القِطارِ أبْطأُ. إنَّ ظواهِرَ النِّسْبيَّةِ مُسْتَغْرَبةٌ، لكِنْ كُلُّها قد شوهِدَتْ وتأكَدَتْ بالنِّسْبةِ للجُسَيْماتِ الدَّقيقة.

أنْظُر أيضًا

الضَّوء ص 260 – 261
الزَّمَن ص 426 – 427
المَكانُ والزَّمانُ والنِّسْبيَّة ص 430 – 431

الإسْتِقطاب

يتألَّفُ الضوءُ المُسْتَقْطَبُ من فُوتُوناتٍ تَتَذَبْذَبُ مَجالاتُها الكهربائيَّةُ في اتِّجاهٍ واحدٍ فقَط. ويُمكِنُ إنتاجُها بإمرارِ ضَوءٍ عاديٍّ، غيرِ مُسْتَقْطَبٍ، عَبْرَ مُرشِّحٍ اسْتِقطابيّ.



تَظْهَرُ مناطِقُ الضَّعْفِ في طَبَقٍ لَدائنيٍّ كأنماطِ إجهادٍ مُلوَّنةٍ عِندما تُعايَنُ عَبْرَ مُسْتَقْطِبَيْن مُتصالِبَيْن.

يتألَّفُ الضوءُ من فُوتُوناتٍ، وهي حُزَمٌ من الطاقةِ الكَهْرُمِغْنيطيَّةِ ذاتُ مَجالاتٍ كهربائيَّةٍ ومِغْنَطيسيَّةٍ تَتَذَبْذَبُ مُتعامِدَةً مع اتِّجاهِ مَسارِ الضوء. في الضوءِ العاديِّ، تَتَذَبْذَبُ المَجالاتُ الكهربائيَّةُ للفُوتُوناتِ في كُلِّ الاتِّجاهاتِ المُمْكِنَةِ حَوْلَ اتِّجاهِ المَسار. في الضوءِ المُسْتَقْطَب، فُوتُوناتٌ أكثَرُ تَتَذَبْذَبُ مَجالاتُها في اتِّجاهٍ واحِدٍ مُعيَّنٍ دونَ أيِّ اتِّجاهٍ آخَر.

إسْتِقطابُ الضوء

ضَوءُ الشَّمْسِ العاديُّ وضَوءُ المَصابيحِ هو ضَوءٌ غَيْرُ مُسْتَقْطَب. يُمكِنُ استِقْطابُ الضوءِ بإمرارِه عَبْرَ مُرَشِّحٍ استِقْطابيّ. هذه المُرَشِّحاتُ هي عادةً صفائحُ لَدائنيَّةٌ رَقيقةٌ سَبَقَ أنْ مُطَّتْ في اتِّجاهٍ واحِدٍ بحَيْثُ إنَّ بِلَّوراتِ الغِشاءِ (الفيلم) تَغْدو مُتَراصِفةً في اتِّجاهِ المَطّ. فلا يَمُرُّ الغِشاءُ عَبْرَه إلّا الفُوتُوناتِ التي تَتَذَبْذَبُ مَجالاتُها الكهربائيَّةُ في الاتِّجاهِ المُحَدَّدِ بالبِلَّورات؛ فيما هو يَمْتَصُّ جميعَ الفُوتُونات الأُخرى.

ويُمكِنُ أيضًا أنْ يُصبِحَ الضوءُ مُسْتَقْطَبًا بالانعِكاس. فضَوءُ الشَّمْسِ الذي يَنْعَكِسُ على سَطْحِ الماءِ هو ضَوءٌ مُسْتَقْطَبٌ جُزْئيًّا – ذلك لأنَّ الماءَ يَعْكِسُ الفُوتُوناتِ المُسْتَقْطَبةَ أُفُقيًّا بكِفايَةٍ أكْثَرَ بكثيرٍ من عَكْسِه غَيْرَها.

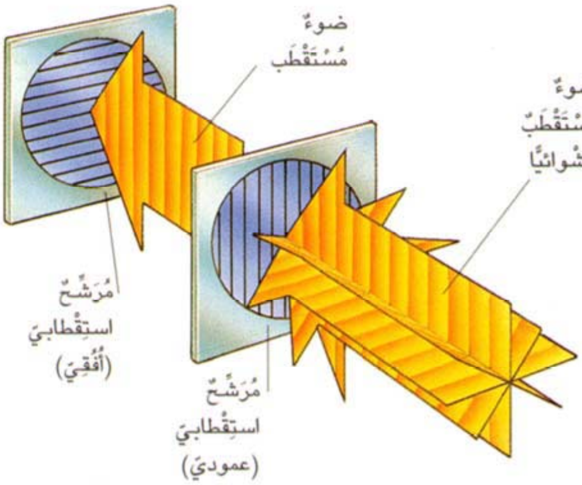


▲ النظّاراتُ المُسْتَقْطِبَةُ تُخَفِّضُ البَهْرَ باعتِراضِ الضوءِ المُسْتَقْطَبِ المُنْعَكِسِ على سَطْحِ الماء.

النَّظّاراتُ المُسْتَقْطِبةُ تُخَفِّضُ البَهْرَ باعتِراضِ الفُوتُوناتِ المُسْتَقْطَبةِ أُفُقيًّا تارِكةً الفُوتُوناتِ الأُخرى تَمُرّ.



▲ الباحِثون اخْتبروا هذه النظّاراتِ الواقيةَ من البَهْرِ بإحمائها؛ فبدَتْ سَليمةً في الضوءِ العادِيّ. لكِنْ عِندَ وَضْعِها بينَ مُسْتَقْطِبَيْنِ مُتعارِضَيْن (إلى اليَسار)، يَبْدو واضِحًا أنَّ هذه النظّاراتِ مُوهَنَةٌ على نَحْوٍ خَطير، بتكَوُّنِ الفقاقيعِ داخِلَ اللَّدينة. ورُغْمَ أنَّ ضوءًا أبيضَ استُخْدِمَ لإنارةِ العَيِّنَة، فإنَّ ألوانًا ظَهَرتْ لأنَّ اللَّدائنَ المُجْهَدَةَ تُديرُ استِقْطابَ الضوءِ بكمِّيّاتٍ مُخْتَلِفةٍ تَبَعًا للتردُّد.

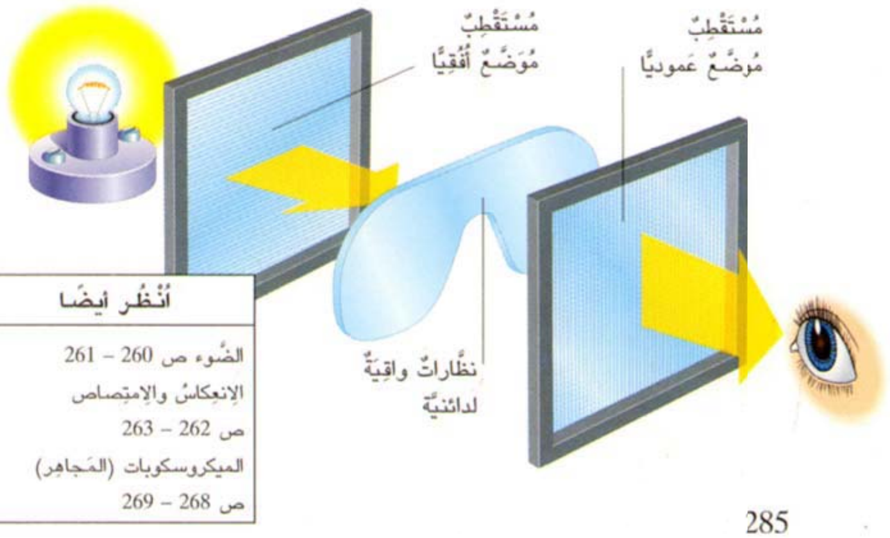


في المُسْتَقْطِبَيْنِ المُتَعارِضَيْن، أحدُ المُرَشِّحَيْن يَمْتَصُّ كُلَّ الفُوتُوناتِ عَدا تِلك التي تَتَذَبْذَبُ مَجالاتُها الكَهْرَبائيَّةُ في اتِّجاهٍ واحِد. وهذه يَعْتَرِضُها المُرَشِّحُ الثاني ويَحْجُبُها، فلا يَمُرُّ الضَّوء.

استِخْداماتُ الضوءِ المُسْتَقْطَب

الضوءُ المُسْتَقْطَبُ يُمكِنُه كَشْفُ تفاصيلَ لا يُمكِنُ رُؤيتُها في الضوءِ العادِيّ. وفي مُعظمِ الحالاتِ، يُسْتَخدَمُ مُرشِّحان استِقْطابيّان – الأوّلُ يَسْتَقْطِبُ الضوءَ في اتِّجاهٍ واحد، ثُمَّ يُدَوَّرُ المُرشِّحُ الثاني حتّى يَنْعَدِمَ مُرورُ الضوءِ عَبْرَه. ويَتِمُّ ذلك عندما يَسْتَقْطِبُ المُرشِّحانِ مُتعامِدَين؛ فيُقالُ بأنَّهما مُسْتَقْطِبان مُتعارِضان أو مُتَصالِبان.

هذا وتَفْتِلُ أجْسامٌ شفّافةٌ مُعيَّنةٌ اتِّجاهَ استِقْطابِ الضوءِ الذي يَمُرُّ عَبْرَها. وعِندَ حُدوثِ ذلك، لا يَعودُ الضوءُ مُعْتَرَضًا بكامِلِه بالمُرَشِّحِ الأقربِ إلى العَيْن. الأجْزاءُ المُجْهَدَةُ والمُتضرِّرةُ من الأجْسامِ اللدائنيَّةِ والزُّجاجيَّةِ تَفْتِلُ الضوءَ بهذه الطريقة. في هذه الحال يُمكِنُ بالمُسْتَقْطِبَيْنِ المُتعارِضَيْن إبرازُ مكانِ حُدوثِ الضَّرَر. وحيثُ إنَّ الكثيرَ من المَوادِّ الطبيعيَّةِ تُديرُ استِقْطابَ الضوء، فإنَّه يُمكِنُ بالمُسْتَقْطِباتِ المُتعارِضَةِ المُرَكَّبَةِ في المَجاهِرِ تِبْيانُ تفاصيلَ إضافيَّةٍ في دراسةِ المُتعضِّياتِ المِجْهَريَّة.



أُنْظُر أيضًا

الضَّوء ص 260 – 261
الانعِكاسُ والامتِصاص ص 262 – 263
الميكروسكوبات (المَجاهِر) ص 268 – 269

اللَّيازِرُ والصُّوَرُ المُجَسَّمَة

اللَّيزَرُ نبائطُ تُنتِجُ حُزَمًا ضوئيَّةً شديدةً مُرَكَّزة. فالإشعاعُ الكَهْرُمِغْنيطيُّ في الضوءِ اللِّيْزَريِّ أُحاديُّ الطولِ المَوجيِّ وجميعُ الأمْواجِ مُتَساوِقةُ الذبذبة.



عامَ 1960، صَنَعَ الفيزيائيُّ الأمريكيُّ تيُودور مايْمَن (1927 –) أوَّلَ لِيزَرٍ عَمليٍّ من أُسْطُوانةِ ياقوتٍ اصطِناعيّ.



ضَوءٌ لِيْزَريّ



ضوءٌ عاديّ

خِلافًا للضوءِ العاديّ، فإنَّ جميعَ فُوتُوناتِ الضوءِ اللِّيْزَريِّ مُتَماثِلةُ التَّردُّدِ ومُتَزامِنةٌ أيضًا.

مُصْطَلَحُ لِيزَر مَنْحوتٌ من أوائليَّاتِ كلماتٍ إنكليزيَّة تَعْني «تضخيم الضوء بابتعاث الإشعاع المُنَشَّط». تَبْتَعِثُ الذرَّةُ فُوتُونًا ضَوئيًّا إذا هَبَطَ فيها إلكترونٌ من مَنْسُوبٍ طاقيٍّ عالٍ، أو حالةٍ مُثارة، إلى مَنْسُوبٍ أَخْفَض. وفي مُعظمِ الحالاتِ، تَبْتَعِثُ الإلكتروناتُ المُثارةُ ضوءًا بهذه الطريقةِ تِلْقائيًّا، ويُسَمَّى هذا الابتِعاثَ التِّلْقائيّ. وفي قِلَّةٍ من الحالات تَمْنَعُ خصائصُ الحالةِ المُثارة الإلكتروناتِ من ابتِعاثِ ضَوءٍ ما لَمْ تكُنْ مُسْتَثارةً بفُوتُونٍ آخَرَ من الضوء. ويُسَمَّى هذا ابتِعاثًا مُنَشَّطًا أو مُثارًا. الفُوتُونُ المُثارُ مُساوٍ في الطُّولِ المَوْجيِّ للفُوتُونِ الذي استثارَ ابتِعاثَه، وهذان الفُوتُونان مُتَساوِقا التذبذب. ويُقال في الفُوتُوناتِ المُتَساويةِ الطُّولِ المَوجيِّ والمُتَساوِقةِ التذبذبِ أنَّها مُتَماسِكةٌ. وهذا التماسُكُ أو الترابُط في الضوءِ اللِّيْزَريِّ هو الذي يَمْنَعُ انتِشارَ الحُزْمةِ اللِّيْزَريَّة ويُكسِبُها تِلكَ الشِّدَّة.

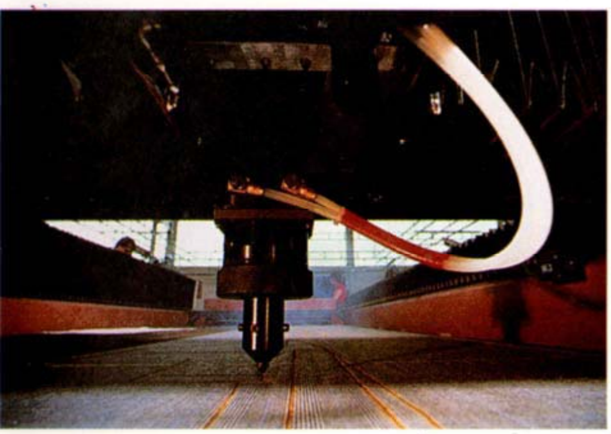
أنواعُ اللَّيازِر

جميعُ أنواعِ اللَّيازِر تَشْتَرِكُ في شيئين اثنين. فهي تَحْوي مادَّةً يُمكِنُ «ضَخُّها» إلى حالةٍ مُثارةٍ، لكِنْ لا تَبْتَعِثُ ضوءًا تِلْقائيًّا. ثُمَّ هي أيضًا تَحْوي مَصْدرًا من الضوءِ أو الطاقةِ الكهربائيَّةِ لِضَخِّ تِلكَ المادَّةِ إلى حالةٍ مُثارة.

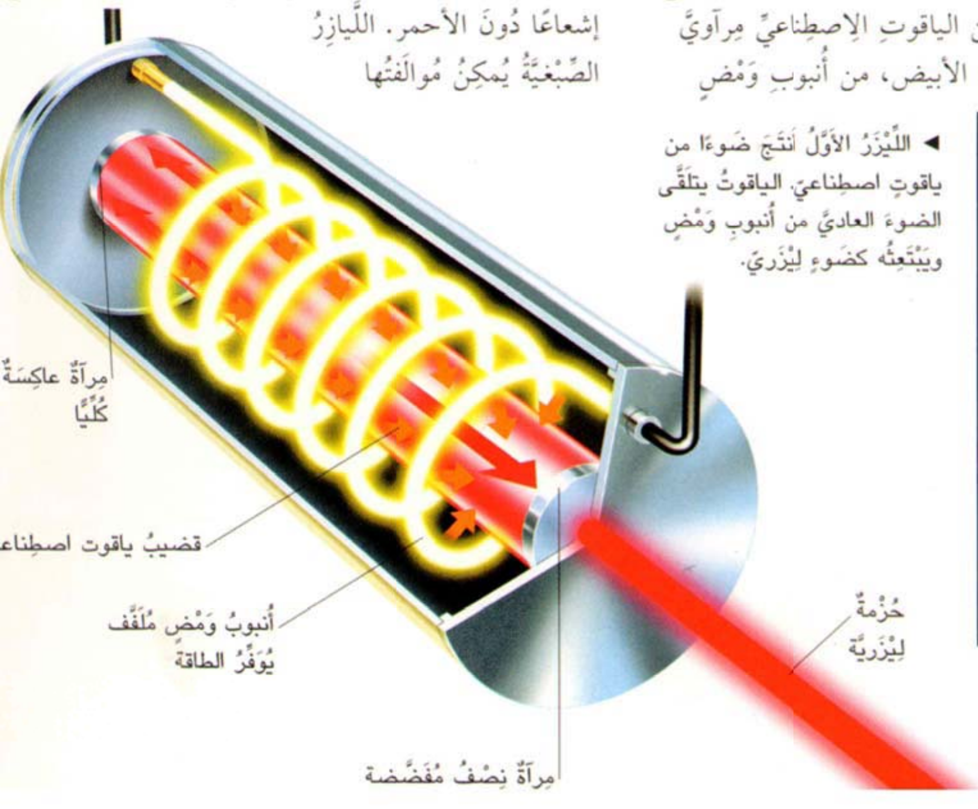
صُنِعَ أوَّلُ لِيزَرٍ عامَ 1960، وكان لِيزَرًا ياقوتيًّا. هذا النَّوعُ من اللَّيازِر يَحْوي قَضيبًا من الياقوتِ الاصطِناعيِّ مِرآويَّ الطَّرَفَيْن. دَفَقاتٌ من الضوءِ الأبيض، من أُنبوبٍ وَمْضٍ مُلَفَّفٍ حولَ القَضيب، تَسْتَثيرُ الذرَّاتِ في الياقوت. وحالما تَنجَحُ إحدى الذرَّاتِ المُثارة في ابتِعاثِ فُوتُونٍ تِلْقائيًّا، يَسْتَثيرُ ذلك الفُوتون ذرَّاتٍ مُثارةً أخرى، لِتَبْتَعِثَ ضوءًا، بانعِكاسِهِ جَيئةً وذَهابًا بين المِرآتَيْن المُرَكَّبَتَيْن في طرَفَي القضيب. إحدى المِرآتَيْن الطرفيَّتَيْن نِصْفيَّةُ التفَضُّض بحيث يُمكِنُ حُدوثُ انعِكاساتٍ مُتَعَدِّدَةٍ للحُزْمةِ اللِّيْزَريَّةِ داخلَ الأنبوبِ قَبْلَ إفلاتها.

وتَسْتَخْدِمُ أنواعٌ أُخرى من اللَّيازر مَزيجاتٍ غازيَّةً ومَحاليلَ صِبْغيَّةً بدَلَ الياقوت. ففي اللَّيازِرِ الغازيَّة، يُوَفِّرُ تَفْريغٌ كهربائيٌّ الطاقةَ اللَّازمةَ لإثارةِ الذرَّاتِ الغازيَّةِ وبَدْءِ عَمَلِ اللِّيزَر.

لَيازِرُ الهِلْيوم والنِّيون تُنتِجُ ضَوءًا أحمَر، ويُنتِجُ لِيزَرُ الأرجون ضَوءًا أخْضَرَ. أمّا لَيازِرُ ثاني أُكسيد الكربون فتُنتِجُ إشعاعًا دُونَ الأحمر. اللَّيازِرُ الصِّبْغيَّةُ يُمكِنُ مُوالَفَتُها



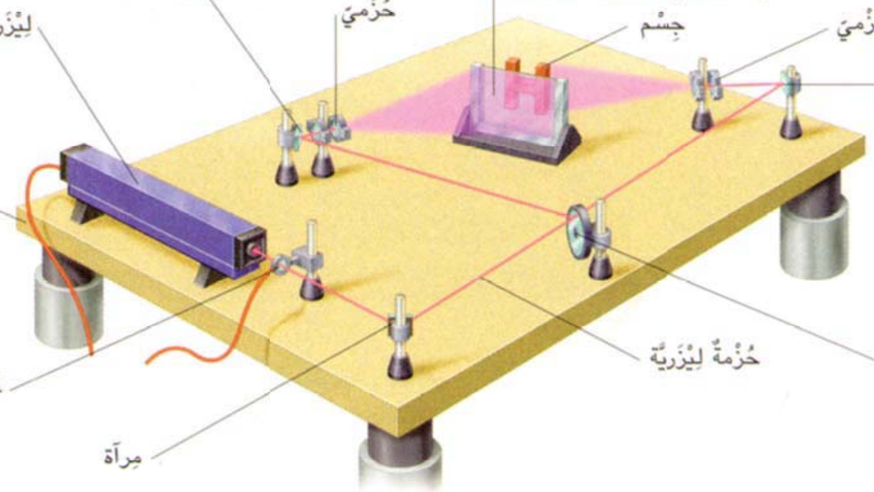
لِيْزَرٌ حاسُوبيُّ التحَكُّمِ يتحَرَّكُ عَبْرَ كَدْسَةِ قُماش. الحُزْمةُ تَنْطَلِقُ نُزولًا، فتَقْطَعُ الأشكالَ المُصَمَّمةَ التي تُدْرَزُ لاحِقًا لِصُنْعِ المَلْبوسات.



◄ اللِّيْزَرُ الأوَّلُ أنتَجَ ضَوءًا من ياقوتٍ اصطِناعيّ. الياقوتُ يتلَقَّى الضوءَ العاديَّ من أُنبوبٍ وَمْضٍ ويَبْتَعِثُه كضَوءٍ لِيْزَريّ.



▲ الحُزَمُ اللِّيْزَريَّةُ مُسْتَقيمةٌ وفائقةُ الرِّقَّة. هنا حُزْمةٌ لِيْزَريَّةٌ يَجْري استِخْدامُها لِفَحْصِ دِقَّةِ اتِّجاهِ نَفَقٍ طويلٍ أثناءَ إنشائه.



لِلتردُّداتِ المُختلِفةِ بتَغْييرِ المَزيجِ الصِّبْغيّ. أما التَّطْويراتُ الأحدثُ فهي لَيازِرُ تتألَّفُ من طَبَقاتٍ من موادَّ شِبْهِ مُوصِّلة.

استِخْداماتُ اللِّيْزَر

تَستطيعُ الحُزْمةُ اللِّيْزَرِيَّةُ قَطْعَ مَسافةٍ عِدَّةَ كيلومترات دُونَ أنْ تَنْتَشِرَ وتَضْعَف. لذا تُسْتَخْدَمُ اللَّيازِرُ في أجهزةِ تَحديدِ المَدى لقِياسِ المَسافاتِ البعيدةِ بتَوْقيتِ نَبَضاتِ الضوءِ المُنْعَكِسَة. كما تُسْتَخْدَمُ اللَّيازِرُ أيضًا في أَنْظمةِ التَّوجيهِ لإبقاءِ القذائفِ وآليّاتِ حَفْرِ الأَنْفاقِ في المَسْلَكِ الصَّحيح.

الضوءُ اللِّيْزَرِيُّ فائقُ التركيزِ بحيثُ نَسْتطيعُ طاقتُه القَصَّ عَبْرَ الوَرَقِ والقُماشِ والخَشَبِ وحتّى الفِلِزَّات. ويَسْتَخْدِمُ الجرّاحونَ اللَّيازِرَ لِبَضْعِ الأنسِجَةِ بدِقَّةٍ مُتَناهِيَة - فيما تَخْتِمُ الحُزْمةُ اللِّيْزَرِيَّةُ الأَوْعِيَةَ الدمويَّةَ الصغيرةَ النازِفَةَ حولَ الجُرْحِ وتَحُدُّ من النَّزْف.

قارِئاتُ شَفْراتِ الأَعْمدة ومَعازِفُ الأَقْراصِ المُدْمَجة تَسْتَخْدِمُ الحُزَمَ اللِّيْزَرِيَّةَ لِفَضِّ المَعْلوماتِ أثناءَ تفَرُّسِها الأَجْسامَ بالمَسْحِ عَبْرَها. وتُرْسِلُ اللَّيازِرُ نَبَضاتٍ ضوئيَّةً من المَعْلوماتِ عَبْرَ الأَلْيافِ البَصَريَّةِ في مَنْظوماتِ الإتِّصالاتِ البُعاديَّة.

الصُّوَرُ المُجَسَّمة

التَّصْويرُ التَّجْسيميُّ يَسْتَخْدِمُ عَمَليَّةَ التداخُلِ بينَ الحُزَمِ اللِّيْزَرِيَّةِ لِتَسْجيلِ صُوَرٍ مُجَسَّمَةٍ (ثُلاثيَّةِ الأَبْعاد) للأَجْسامِ الجامِدةِ على فيلمٍ فُوتُوغرافيّ. ولِتَسْجيلِ صُورةٍ مُجَسَّمَةٍ، تُفْلَقُ الحُزْمةُ اللِّيْزَرِيَّةُ أوَّلًا إلى حُزْمَتَيْن - إحداهُما تُضيءُ الجِسْمَ الذي يُشَتِّتُ الضوءَ على الفيلم؛ بينما تَنْطَلِقُ الثانيةُ نحو الفيلمِ مُباشَرةً. هاتانِ الحُزْمتانِ تَتَداخَلانِ في مَوقعِ التِقائِهِما على طَبَقةِ الفيلمِ الحَسّاسةِ للضوء.

بعدَ التَّظْهيرِ تَبْدو لَوْحةُ التَّصْويرِ التَّجْسيميِّ عندَ مُعايَنَتِها في ضَوءِ النَّهارِ كنافِذةٍ يُمكِنُ رُؤيةُ الجِسْمِ عَبْرَها. هذا النَّوعُ من الصُّوَرِ المُجَسَّمَةِ يُسْتَخْدَمُ على بِطاقاتِ الإعتِمادِ وبعضِ الأوراقِ النَّقْديَّة. وعندَ إنارَتِها بضَوءٍ لِيْزَرِيٍّ، تُنْتِجُ لوحةُ التَّصْويرِ التَّجْسيميِّ صورةً مُجَسَّمَةً (ثُلاثيَّةَ الأَبْعاد) بالكامِل. كما يُمكِنُ السَّيْرُ حولَ بعضِ الصُّوَرِ المُجَسَّمة ومُعايَنَتُها من مُخْتلِفِ الزوايا.

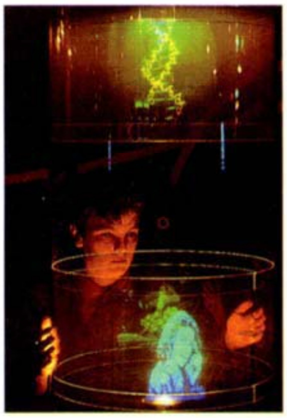
ويُمكِنُ استِخْدامُ التَّصْويرِ التَّجْسيميِّ في تخزينِ كمِّيّاتٍ ضَخْمةٍ من المَعْلوماتِ في صَفَحات. وبالإمكان «تَقْليبُ» هذه الصَّفَحاتِ بتَغْييرِ الزّاويةِ التي يَسْطَعُ بها ضَوءُ القارِئِ اللِّيْزَرِيِّ على لَوْحةِ التَّصْويرِ التَّجْسيميّ.

اللَّيازِرُ والصُّوَرُ المُجَسَّمة

تُسَجَّلُ الصُّوَرُ المُجَسَّمةُ غالبًا في غُرفةٍ مُظْلِمةٍ بالكامل. اللِّيْزَرُ الغازيُّ يَبْتَعِثُ حُزْمةً مُتَواصِلةً من الضوءِ النَّقيّ. المَرايا تَفْلِقُ الحُزْمةَ، والعَدَساتُ المُفَرِّقةُ (المُقَعَّرة) تُشَكِّلُ مَخاريطَ ضوئيَّةً من كُلِّ حُزْمة. الحُزْمةُ المَرْجِعيَّةُ تَسْطَعُ على لَوحةِ التصويرِ المُجَسَّم فيما الحُزْمةُ الجِسْميَّةُ تُضيءُ الجِسْم. الجِسْمُ يستطيرُ (يَنْثُرُ) الضوءَ على اللَّوحةِ حيثُ يَتداخَلُ مع الحُزْمةِ المَرْجِعيَّة، ويُنْتِجُ صورةً مُجَسَّمةً.



الفيزيائيُّ المَجَريُّ المَوْلِد، دِنيس غابُور (1906 - 1979)، طوَّرَ نَظَريَّةَ التَّصويرِ التَّجْسيميِّ في بريطانيا في الأربعينيّاتِ من القَرْنِ العِشْرين. ولم تَتَجَسَّدْ نَظَريَّتُه عمليًّا إلّا باختِراعِ اللَّيازِر بَعدَ عَقْدَينِ من الزَّمَن.



تُشاهَدُ هذه الصورةُ مُجَسَّمةً (ثُلاثيَّةَ الأبعاد) بتَسْليطِ ضَوءٍ لِيْزَرِيٍّ على لَوْحةِ تَصْويرٍ تَجْسيميٍّ مُسَطَّحة.



هذه الصورةُ الفُوتُوغرافيَّةُ تُبَيِّنُ المُعَدّاتِ اللّازمةَ لإنتاجِ صُورةٍ مُجَسَّمة. قارِنْها بالصُّورةِ في أعلى هذه الصَّفْحة؛ حيثُ تَرى اللِّيْزَرَ والعَدَساتِ المُفَرِّقةَ وأشِعَّةَ الضوءِ ولوحةَ التَّصْويرِ التَّجْسيميّ.

اُنْظُر أيضًا

الطاقةُ الضوئيَّة ص 282 - 283

الإتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 - 367

تكنولوجيَّةُ المَعْلومات ص 380 - 381

حَقائقُ وأَرقام

الشَّمْس

البُعْدُ عن الأرض	149 503 000 كم
القُطْر	1 400 000 كم (110 × قُطْر الأرض)
الكُتْلة	$1,99 \times 10^{30}$ كغ (330 000 × كتلة الأرض)
الجاذبيَّة السَّطْحيَّة	38 × جاذبيَّة الأرض

التَّركيب 71% هـ «H»، 27% هي «He» ومَقاديرُ ضئيلةٌ من عناصِرَ أُخرى.

لُبُّ الشَّمْس يَقع ضِمْنَ رُبْعِ نِصْفِ القُطْر الإجماليّ. ودَرجةُ حرارته تُقارِبُ 16 مليون ك «كلفْن» تَنتجُ من تفاعُلاتِ الإندِماج النَّوويّ الحراريّ التي تُحَوِّلُ الهِدْروجين إلى هِلْيوم.

الفُوتُوسفير هو سَطْحُ الشَّمْس النَّيِّر الذي يَنْبَعِثُ حرارةً وضَوءًا. دَرجةُ حرارتِه 5500 ك «كلفْن».

الكرُومُوسفير (الغِلافُ اللَّوْنيّ) يَقَعُ خارِجَ الفُوتُوسفير وتَبْلُغُ سَماكتُه 10 000 كم. وتَتَراوَحُ درجةُ حرارته بين 4000 وَ 50 000 ك.

الإكليل هو الجُزْءُ الخارجيُّ من جَوِّ الشَّمْس، تَبْلُغُ سَماكتُه 70 000 كم وتُقارِبُ دَرجةُ حرارته 200 000 ك.

الرِّياحُ الشَّمْسيَّة تتألَّفُ في الأَغلبِ من پروتوناتٍ وإلكتروناتٍ؛ وتَنْدفِقُ في الفَضاءِ من جُزْءِ الإكليلِ العُلويّ.

الإشعاعاتُ الكَهْرُمِغْنيطيَّة

إذاعة راديويَّة	تَرَدُّدٌ خَفيض
تِلِفْزيون	
تمَوُّجاتٌ صُغْريَّة	
إشعاعاتٌ دُونَ الحمراء	
الضوءُ المَرْئيّ	أحمر
	بُرْتُقاليّ
	أَصْفَر
	أخْضَر
	أزرق
	بَنَفْسجيّ
إشعاعٌ فوق البنَفْسجيّ	
أشِعَّةٌ سينيَّة (أشِعَّةٌ إكس)	
أشِعَّةُ غاما تَرَدُّدٌ عالٍ	

الثُّنائيَّةُ الجُسَيْميَّةُ المَوْجيَّة

الإشعاعُ الكَهْرُمِغْنيطيُّ ذو خَصائصَ مَوجيَّةٍ وجُسَيْميَّة. كما إنَّ للجُسَيْمات خصائصَ مَوْجيَّةً. الإلكتروناتُ العاليةُ السُّرعة، أطوالُها المَوْجيَّةُ أقصَرُ من أمواج الضوء. والمَجاهِرُ الإلكترونيَّةُ تَسْتَخْدِمُ هذه الخاصِّيَّةَ للحُصول على تَكْبيراتٍ أعظمَ مِمَّا يُمكِنُ تَحْقيقُه بالمَجاهِرِ الضوئيَّة (البَصَريَّة).

الضَّوءُ والأَوْساط

يَسْتطيعُ الضوءُ الإنتِقالَ عَبْرَ الخَواءِ أو عَبْرَ أوساطٍ كالهواءِ والزُّجاج والماء.

يُمكِنُ مُشاهَدَةُ صورةٍ واضِحةٍ لجِسْم عَبْرَ وَسَطٍ شفَّاف. الضوءُ يَمُرُّ عَبْرَ وَسَطٍ شفّ لكِنْ لا يُمكِنُ مُشاهَدَةُ صورةٍ واضِحةٍ للجِسم عَبْرَه بسَبَبِ تَشَتُّتِ الضَّوء. الضَّوءُ لا يَستطيعُ عُبورَ **المَوادِّ الكامِدة**.

البَصَريَّات

تَسْري أمواجُ الضوءِ في خُطوطٍ مُسْتَقيمةٍ ما لَمْ تُضْطَرُّ للانْحِراف:

الحُيود (الإنْعِراج) هو انتِشارُ الأَمْواج أثناءَ عبُورِها فَجْوةً ضَيِّقة.

التَّشَتُّت يُسَبِّبُ انفِلاقَ الضوءِ الأَبيض إلى ألوانٍ مُختلِفةٍ أثناءَ الإنكِسار.

التَّداخُل هو تبادُلُ الفِعْل بينَ الأَمواجِ المُنْفَصلةِ لإحداث مناطِقَ ذاتِ سَعَةٍ مَوجيَّةٍ عاليةٍ وأُخرى خفيضةٍ عَبْرَ عمليّاتِ تعزيزٍ وإلغاءٍ مُتَبادَلة.

الإنعِكاس هو ارتِدادُ الضوءِ من سَطْحٍ لمَّاعٍ أو من الحَدِّ بين وَسَطَيْنِ شَفَّافَيْن.

الإنكِسار هو انحِناءُ مَسارِ الضوء عندَ عُبورِه الحَدَّ بين وَسَطَيْنِ شَفَّافَيْن.

إنْتِقالُ الحَرارة

تَنْتقِلُ الحرارةُ تِلْقائيًّا من مناطقِ دَرَجاتِ الحرارةِ الأعلى إلى مناطقِ دَرَجاتِ الحرارةِ الأَخْفَض. هنالك ثلاثُ طُرقٍ لانتِقالِ الحرارة:

التَّوصيل يُمَرِّرُ الحرارةَ عَبْرَ الجوامِد بفِعْلِ اصطِدام الجُسَيْماتِ المُتَذَبْذِبةِ بالجُسَيْماتِ المُجاورة. أمّا الجامِدُ ذاتُه فلا يَتَحَرَّك.

الحَمْلُ (الحَراريّ) يَنْقُلُ الحرارةَ عَبْرَ مائعٍ لأنَّ التغَيُّراتِ في كثافةِ المائعِ تجعَلُه يُداوِرُ في تيّارات.

الإشعاع يَنْقُلُ الحرارةَ عَبْرَ الخَواءِ (الفراغ) على شَكْلِ ضوءٍ دُونَ الأحمر.

السَّعَةُ الحَراريَّة

السَّعَةُ الحراريَّةُ النَّوعيَّةُ لِمادَّةٍ هي الطاقةُ اللّازمةُ لزيادةِ دَرَجةِ حَرارةِ كيلوغرامٍ واحدٍ من تلك المادَّةِ دَرَجةَ كَلْفِن واحدة.

الماء	4200 (جول/كغ/ك)
الالومِنْيوم	880
الحديد	460
الرَّصاص	130
الزُّجاج	600

دَرَجاتُ الإنصِهار والغَلَيان

دَرَجةُ (نُقْطةُ) انصِهار المادَّة هي دَرجةُ الحرارة التي تَتَحَوَّلُ عندها المادَّةُ من حالةِ الجُمود إلى حالةِ السُّيولة. وهي نَفْسُها نُقْطةُ تَجَمُّد المادَّة.

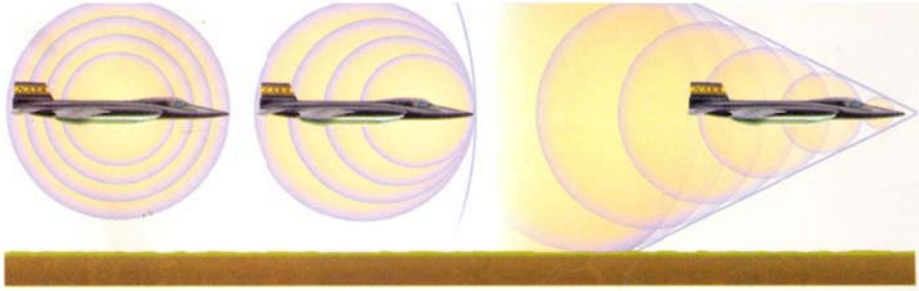
دَرَجةُ (نُقْطةُ) غَلَيان المادَّة هي دَرَجةُ الحرارة الثابتةُ الأعلى التي تَتَحَوَّلُ عندها المادَّةُ من سائلٍ إلى غاز. ويَحْدُثُ تغَيُّرُ الطَّوْرِ هذا بشَكْلٍ أبْطأَ بالتَّبَخُّرِ على دَرَجاتِ حرارةٍ أخْفَض.

	دَرَجةُ الإنصِهار (°س «سِلْسيوس»)	دَرَجةُ الغَلَيان (°س)
الماء	صِفْر	100
الالومنيُوم	660	2450
الرَّصاص	327	1750
الأُكسيجين	– 219	– 183
الهِلْيوم	– 270	– 269
الإيثانول	– 114	78

الإختِراعاتُ والإكتِشافاتُ الرَّئيسيَّة

ب. م.	
350	الإنارةُ الغازيَّةُ باستِخْدامِ غازِ المُسْتَنْقَعات
1000	الكاميرا المُظْلِمة
1010	العَدَساتُ البَصَريَّة
1550	عَدَسةٌ زُجاجيَّةٌ للكاميرا المُظْلِمة
1590	ميكروسكوب (مِجْهر) مُرَكَّب
1608	تلِسْكوب (مِقْراب) كاسِر
1641	ترمومتر سائليّ في الزُّجاج
1663	تلِسْكوب (مِقْراب) عاكِس
1714	الترمومتر الزئبقيّ ومقياس فَرِنْهيت لِدَرَجاتِ الحرارة
1758	عَدَساتٌ لالَوْنيَّة (اكروماتيَّة)
1784	نظّاراتٌ ثُنائيَّةُ البُؤرة
1792	الإنارة الغازيَّة باستِخْدامِ غازِ الفَحْم
1808	مِصْباحٌ قَوسيٌّ عَمَليّ
1821	تدفئة مَرْكزيَّة حديثة بالهواءِ السَّاخِن
1826	اِلتِقاطُ أوَّلِ صورةٍ فُوتُوغرافيَّة
1839	وِلْيَم تالْبُوتِ يَخْترع نَمَط كالوتايْپ في التصوير الحديث (كالوتايپ من اليونانيَّة بمَعْنى الصورة الجميلة)
1848	مقياس كلِفْن لدَرَجاتِ الحرارة ومَفْهومُ الصِّفرِ المُطْلَق
1850	التصويرُ المِجْهَريُّ الفُوتُوغرافيّ
1851	الثلّاجةُ الميكانيكيَّة
1857	المَرايا الزُّجاجيَّةُ المُفَضَّضة
1859	مِصْباحٌ كهربائيّ يعمَلُ بالبطّاريّات
1878	مِصْباحٌ قَوْسيٌّ لإنارةِ الشوارع
1885	شَنْبَرُ الغاز التوَهُّجيّ
1890	عَدسةُ التصوير البُعاديّ (للتصوير بالكاميرا عن بُعْد)
1892	مِصْباحُ بُخارِ الزئبق
1898	فتيلةُ مصباح الأُزْميُوم
1899	عَدسةُ كاميرا مُبَئِّرة
1900	مِدْفاةُ غُرَفٍ غازيَّةُ الوَقْد
1906	صَمجةُ إضاءَةٍ بفَتيلةِ التنْچستن
1912	المِجْهرُ فوق البنَفْسجيّ
1912	فيلمٌ مُلَوَّن حديث
1915	مِصْباحُ فَتيلة التنْچسْتن المُعَبَّأ بالغاز
1919	التصويرُ الفُوتُوغرافيّ الوَمْضيّ
1920	الإنارة بالنِّيُون
1932	عِلْمُ الفَلَكِ الراديويّ
1935	الإنارةُ الفَلْوَريَّة
1935	مِصباحُ بُخارِ الصوديُوم
1935	فيلمُ الشرائحِ الشفَّافة المُلَوَّنة
1936	كاميرا عاكِسةٌ أُحاديَّةُ العَدَسة
1938	المِجْهَرُ الإلكترونيّ
1945	فُرْنُ التمَوُّجات الصُّغْريَّة (الميكروويڤ)
1951	مِجْهرٌ أَيُونيُّ المَجال
1954	بطّاريَّةُ القُدْرةِ الشَّمْسيَّة
1955	البَصَريّاتُ الأَلْيافيَّة
1960	أوَّلُ لِيْزَرٍ عَمَليّ
1966	كَبْلٌ تلِفونيّ من الأَلْيافِ البَصَريَّة
1974	مِجْهرٌ إلكترونيٌّ مجساميُّ الصُّوَر
1978	مِجْهَرُ المَسْحِ الإلكترونيّ
1981	مِجْهَرُ المَسْحِ الأَنْفاقيّ
1984	لِيْزَرُ الأشِعَّةِ السِّينيَّة
1985	مِجْهَرُ القُوَّةِ الذرِّيَّة
1986	كاميراتٌ مُنتَبَذة (تُرْمَى بعدَ الاستِعْمال)
1990	تلِسْكوبُ هِبَل الفَضائيّ يُوَضَّعُ في مَدارٍ حوْلَ الأرض
1991	تحقيقٌ مُقْتَصَرٌ لاندِماجٍ نَوَويّ
1995	تلِسْكوبُ الأشِعَّة السِّينيَّة في مَدارٍ حوْلَ الأرض

الإنجازاتُ المُسْتَقبليَّةُ المُمْكِنةُ سَتُرَكِّزُ على استِخْدام الهِدْروجين كوَقُودٍ غير مُلَوِّث وتَطويرِ الاِندِماج النَّوَويّ كمَصْدرٍ «نَظيفٍ» للقُدْرةِ النَّوويَّة.





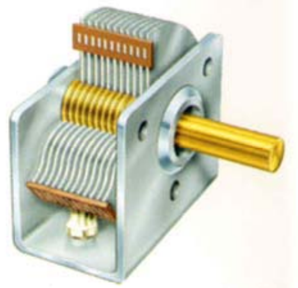


الفَصْلُ السَّابِع

القُوَى والحَرَكة

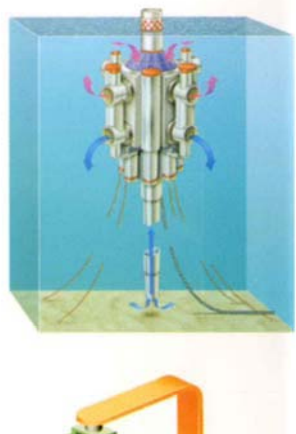
القُوَى، من دَفْعٍ وجَذْبٍ وضَغْطٍ وشَدٍّ وبَرْمٍ ولَيٍّ، تَجْعَلُ الأَشياءَ تتحَرَّكُ أَسْرَعَ أو أَبْطأَ، أو تُحَوِّلُ الاتِّجاهَ أو تُغَيِّرُ الشَّكْل. الدرَّاجُونَ يدفَعون دَوَّاساتِ درَّاجاتِهم لتَحريكِها، والطُّيورُ تَسْحَبُ الدِّيدانَ من الأرض، والطبَّاخون يَطْلِمون كُتَلًا من العجينِ لِتشكيلها صفائحَ مُسَطَّحةً. قُوَّةُ مُحَرِّكِ السيَّارة تُديرُ دَواليبَها وتَجْعَلُها تَتسارع؛ والاحتِكاكُ في مَكابِحها يُوَفِّرُ طاقةً تَجْعَلُ السيَّارةَ تَتباطأ.





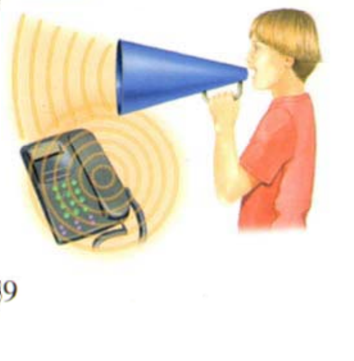
قُوَّةُ الجاذبيَّة تَجْعَلُ الأَجْسامَ تَسْقُطُ نحو الأرض. القُوَّةُ الجاذِبَةُ المَرْكزيَّة (القُوَّةُ الجابِذَة) تَجْعَلُ الكواكبَ والسَّواتِلَ تَدورُ في مَداراتٍ ثابتةٍ، والقُوَّةُ الطارِدةُ المَرْكزيَّةُ (القُوَّةُ النابِذَة) تُساعِد مَكِناتِ الغسيل المُدَوِّمة في طَردِ الماءِ من المَلابس المُخَضَّلَة. قُوَى التَّدْوير تَبْرُمُ أعمدةَ إدارةِ المُحَرِّكات ومَقابِضَ الأَبْواب وتَشُدُّ المساميرَ المُلَولبة (البراغي). وغالِبًا ما تتواجَدُ القُوى دونَ أن يَبْدو أَثَرُها أو يُشاهَدَ فِعلُها. فلَوحُ الأُرجوحةِ النَّواسَةِ المُتَوازِنُ لا يَتحَرَّكُ لِتَساوِي قُوَّتَي التَّدْوير العامِلَتين واحِدةً ضِدَّ الأُخرى.





عندَ تَحَرُّكِ القُوَى، يُبْذَلُ شُغْلٌ حيثُ تتحَوَّلُ الطاقةُ من شَكْلٍ إلى آخر. فالعَضَلاتُ تَبْذُلُ شُغْلًا عندما يَرْفَعُ شَخْصٌ صُنْدوقًا ويَضَعُهُ على الرَّفّ. فهو، برَفْعِ الصندوق، يُحَوِّلُ الطاقةَ الكيماويَّةَ من الطَّعام إلى طاقةٍ كامِنَة (طاقةِ وَضْع). ومع تزايُدِ مُعَدَّلِ الشُّغْل أو سُرعتِه تتزايَدُ القُدْرة. القُوَى والشُّغْلُ والطاقةُ هي العوامِلُ التي تَجْعَلُ الأَشياءَ تَحْدُثُ في الكَوْن.







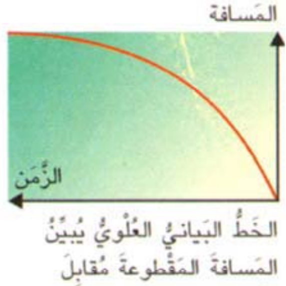
القُوَى

القُوَّةُ دَفْعٌ أو شَدٌّ يُسَبِّبُ تَسارُعَ الجِسْمِ أو تباطُؤَه أو تَغْييرَ شَكْلِه. ويُمكِنُ أنْ تعمَلَ القُوَى في الاتِّجاهِ نَفْسِه أو بَعْضُها ضِدَّ بعض.



الفُهودُ أَسْرَعُ حيوانات الأرض عَدْوًا، وهي قادِرةٌ، في طِرادِها خَلْفَ الفرائسِ، على العَدْوِ بِسُرعةٍ تُقارِبُ 110 كيلومترات في السَّاعة. العَضَلاتُ في أَرْجُلِ الفَهْدِ تُوَفِّرُ له القُوَّةَ اللّازمةَ لِتُسارِعَه قُدُمًا.





الخَطُّ البَيانيُّ العُلْويُّ يُبيِّنُ المَسافةَ المَقْطوعةَ مُقابِلَ الزَّمَن لِجِسْمٍ مُتَحَرِّكٍ بِسُرعةٍ ثابتة. السُّرْعَةُ هي مَمالُ الخَطّ. الخَطُّ البَيانيُّ السُّفْليُّ هو لِجِسْمٍ مُتَقاصِر. أمَّا المُنْحنى البيانيُّ الصاعِدُ فيُبَيِّن جِسْمًا مُتَسارِعًا.

التوَتُّر في خَيطٍ مَطّاطيٍّ مَمْطولٍ، وشَدُّ الجاذبيَّة على قَطْرةِ مطر، والدَّسْرُ من مُحَرِّكٍ نَفّاثٍ هي أمثلةٌ على القُوَى. فالقُوَّةُ هي تأثيرٌ يُمكِنُ أنْ يجعَلَ جِسْمًا ما يَبْدأُ بالتَّحرُّكِ أو يُبطِئُ حَركتَه أو يُحَوِّلُ اتِّجاهَهُ أو يُغَيِّرُ شَكْلَه.

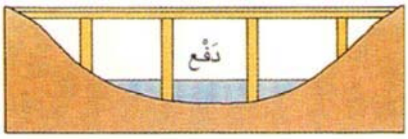
القُوَى والتَّسارُع

التَّسارُعُ هو التأثيرُ الأَوضَحُ لِفعل القُوَّة. أَسْقِطْ كُرَةً من ارتفاعٍ مُعَيَّنٍ ولاحِظْ كيفَ تجعَلُها قُوَّةُ الجاذبيَّة تَتحرَّكُ نَحو الأرض بِسُرعةٍ مُتَزايدة. الكُرَةُ تَتَسارَعُ لأنَّ القُوَّةَ المُؤثِّرةَ نُزولًا تَشُدُّها في اتِّجاهِ الحَركةِ نَفْسِه. اِقذِفِ الكُرَةَ صُعُدًا في الهواء، ولاحِظْ أنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّة نَفْسَها تَجعَلُها تَتحَرَّكُ بِبُطْءٍ أكثَرَ فأكثر. هذه الظاهِرةُ تُسَمَّى التَّقاصُرَ (وهو تَسارُعٌ سَلْبيّ). فالكُرَةُ تَتَقاصَرُ لأنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّةِ تُؤَثِّرُ في الاتِّجاه المُضادِّ لِحَرَكتِها حتَّى لَحْظَةِ التوقُّف؛ فتُعيدُها قُوَّةُ الجاذبيَّةِ إلى الأرض.

زِيادةُ القُوَّة على الجِسْم أو استِمْرارُها دون مُقاومة أو احتِكاك يَجْعَلُ تَسارُعَه يَتَزايد. والعلاقَةُ بين التَّسارُعِ والقُوَّةِ والكُتْلة في هذه الحال هي:

القُوَّة = الكُتْلة × التَّسارُع.

ويُمكِنُ أن تُلْغي القُوى بعضُها بَعْضًا. فالحَجَرُ الغائصُ في الماء يَتَسارَعُ حتَّى سُرْعَةٍ مُعَيَّنة حيثُ قُوَّةُ وَزْنِه نُزُولًا تُساوي قُوَّةَ الاحتِكاك العامِلَةَ صُعودًا بين الحَجَرِ والماء. فتُلْغي القُوَّتان واحدتَهُما الأُخرى، ويَنْعدِمُ التَّسارُع. لكِنَّ السُّرعةَ تظَلُّ بعدئذٍ ثابِتة.



الحِمْلُ على جِسْرٍ عَتَبيّ تَدْعَمُه أعمِدةٌ عَموديَّة.



الحِمْلُ على قَنْطَرةٍ تَحْمِلُه أُسُسٌ على ضِفَّتَي النَّهْر.

أزواجُ القُوَى

تتواجَدُ القُوَى أزواجًا دائمًا. فعندما يَدْفَعُ مُتزَلِّجٌ بِعَصَوَي التزَلُّجِ إلى الخَلْف، فإنَّ القُوَّةَ الخَلْفيَّةَ على العَصَوَين تَرُدُّ بقُوَّةٍ تَدْفَعُ المُتزَلِّجَ إلى الأَمام. القُوَّتان مُتساويتانِ في المِقْدارِ لكِنَّهُما مُتضادَّتان في الاتِّجاه.

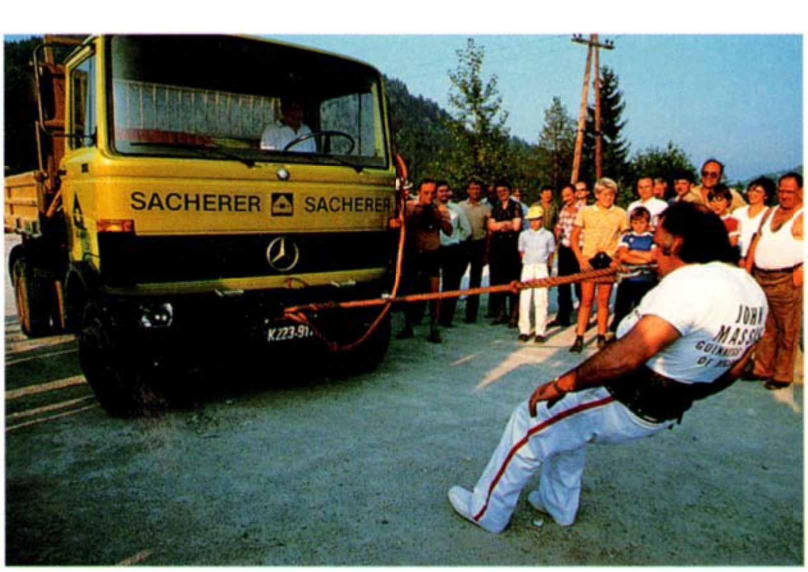
أحيانًا تكونُ إحدى القُوَّتين، في زَوجِ القُوى، أقَلَّ وُضوحًا من الأُخرى. فالقُوَّةُ التي تَشُدُّ كُرَةً نحو الأرض سَبَبُها قُوَّةُ الجاذبيَّة. فكَما إنَّ الأرضَ تجذِبُ الكُرَة نَحوها، كذلك الكُرَةُ أيضًا تَجْذِبُ الأرضَ. لكِنْ، حيثُ إنَّ كتلةَ الأرضِ عظيمةٌ جدًّا جدًّا، فإنَّ تحَرُّكَها نحو الكُرَةِ هو كَمِّيَّةٌ أصغَرُ من أنْ تُذكَر.

القُوَى السَّاكنة (الإستاتيَّة)

هنالكَ حالاتٌ لا تُسبِّبُ فيها القُوَى المُؤثِّرةُ أيَّ حَركة. ففي حالِ كِتابٍ مَوضوعٍ على الطاولة، قُوَّةُ الجاذبيَّة تَشُدُّه نُزولًا. ونحنُ نَعْلَمُ أنَّ القُوَى تَجْعَلُ الأَجسامَ تَتَسارع، لكنَّ الكتابَ لا يَتحَرَّكُ، لأنَّ قُوَّةً مُساويةً لِقُوَّةِ الجاذبيَّةِ ومُضادَّةً لها تُؤثِّر فيه صُعُدًا. فكَما إنّ الكتابَ يضغَطُ نُزولًا على الطاولة، فإنَّ الطاولةَ بدَوْرِها تَضْغَطُ عليه صُعُدًا؛ فتَتَوازَنُ القُوَّتان ويَبْقى الكِتابُ ساكِنًا دُون حَراك. وتُسَمَّى القُوَّة المُؤثِّرةُ على الكِتابِ صُعُدًا قُوَّةَ رَدِّ الفِعْل. وقد صاغ نيُوتن هذه الحقيقة في قانونه الثالث الذي يقول: لِكُلِّ فِعْلٍ رَدُّ فِعلٍ مُساوٍ ومُضادٌّ له في الاتِّجاه.



رِجْلا عاملِ المَنْجم تَدْفعانِ خَلْفًا ونُزولًا على امتِداد الأرض فيما هما تَدْعَمان وَزْنَه وتُوَلِّدان قُوَّةً تُحرِّكُ العَرَبَةَ إلى الأمام.



◄ رِجْلا هذا الرَّجُل تَدْفعان على امتِداد الأرض فيما هو يَجُرُّ الشَّاحِنَةَ بأسنانِه. وهو يَميلُ باتِّجاه الأرضِ أكثَر مع تَزايُدِ قُوَّة الجَرّ.

القُوَى والشُّغْلُ والطَّاقة

تُؤدِّي القُوَّةُ شُغْلًا عندما تُحرِّكُ كُتْلةً. الشُّغْلُ هو تحويلُ شَكْلٍ من الطاقةِ إلى شَكْلٍ آخَر. فمثلًا عندما يَمْشي شَخْصٌ تَستَهْلِكُ عَضَلاتُ رِجْلَيْه طاقةً كيماويَّةً من مَوادَّ في دَمِه لِتُوَفِّرَ له القُوَّة. هذه القُوَّةُ تُؤدِّي شُغْلًا بجَعْلِ الشَّخْصِ يَتحرَّك؛ كما تَزيدُ طاقةَ حَرَكتِه.

وَحْدةُ القُوَّة

وَحْدةُ القُوَّة هي النيوتُن. الجاذبيَّةُ تَبْذُلُ قُوَّةً مقدارها 9,8 نيوتُن على كُلِّ كُتْلةِ كيلوغرام. ومُحَرِّكُ السيَّارةِ النَّموذَجيُّ يُمكِنُه بَذْلُ ما قد يبلغُ 4500 نيوتُن؛ فيما تَبْذُل مُحَرِّكاتُ الرُّولْز رُويس (RB211-524) النفَّاثة الأَرْبعة، لطائراتِ الجَمْبُو بُوينغ 747 النفَّاثة، دَفْعًا إجماليًّا يَفوقُ 1 000 000 نيوتُن عندما يكون الصِّمامُ الخانِقُ في وَضْعِ الفَتْحِ التامِّ استِعْدادًا للإقلاع.

قِياسُ القُوَّة

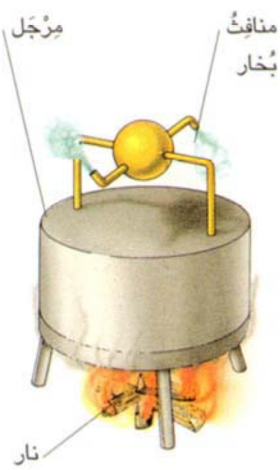
تُقاسُ القُوَى بواسِطَةِ تأثيرها في الأشياء. المِقياسُ (المِيزانُ) الزُّنْبُركيُّ نَبيطةٌ بَسيطةٌ لِقياسِ القُوَى. وهو يتألَّفُ من نابضٍ (زُنبرك) مُتَّصِلٍ بِمُؤشِّرٍ وخُطَّاف. فعندما تَمُطُّ النابِضَ قُوَّةٌ على الخُطَّاف، يتحَرَّكُ المُؤشِّرُ على طُولِ مِقياسٍ مُدَرَّجٍ بالنيوتُن. وعندما تُضاهي قُوَّةُ التوَتُّرِ في النابضِ المَمْطوطِ القُوَّةَ المُسَلَّطةَ على الخُطَّاف، يَتوقَّفُ المُؤشِّرُ قُبالَةَ المِقياس. وبازديادِ قُوَّةِ النابض، يَزدادُ مَدى القُوَى التي يَستطيعُ هذا النَّوعُ من المَقاييس قِياسَها. وتَسْتَخدِمُ نبائطُ قياسٍ أخرى مَوادَّ كَهْرُضَغْطيَّةً تُشْحَنُ بالكهرباءِ عندما تُمَطُّ أو تُضْغَط.



القُوَى

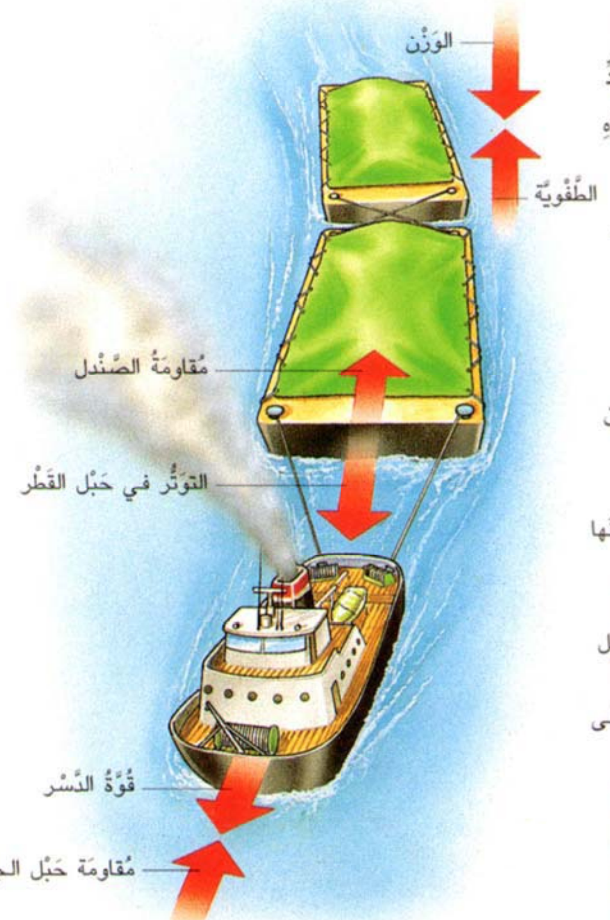
في مُعظمِ الحالات، تَعْمَلُ قُوًى عديدةٌ مُخْتلِفةٌ معًا في الوَقْتِ نفسِه لإنتاجِ ما يَبْدو كأنَّه عَمَلُ قُوَّةٍ مُفْردة. تَصَوَّرْ مُجَذِّفًا يجلسُ ساكِنًا في قارِبٍ طافٍ على مياهِ نَهْر. فالقارِبُ يَطْفو لأنَّ وَزْنَه مُعادَلٌ بطَفْويَّتِه (قوَّةِ دَفْعِ الماء). وَوَزْنُ المُجَذِّفِ مُساوٍ لِقُوَّةِ رَدِّ فِعْلِ المَقْعَد. فإذا كان كُلُّ شيءٍ ساكِنًا، فليْسَ بين هذه القُوَى ما يُنْتِجُ شُغْلًا.

عندما يُمْسِكُ المُجَذِّفُ مِجْذافَيْه ويَشُدُّهُما، تَدْفَعُ صَفْحَتاهُما الماءَ، بقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل، القارِبَ في الاتِّجاهِ المُضادّ. وفي الوَقْتِ نفْسِه، يُؤثِّرُ الاحتِكاكُ في اتِّجاهٍ مُضادٍّ لاتِّجاهِ المَسار. ويَعْتَمد تَسارُعُ القارِبِ أو تَقاصُرُه على الفَرْقِ بين دَفْعِ المِجْذافَيْن وقُوَّةِ الاحتِكاك.

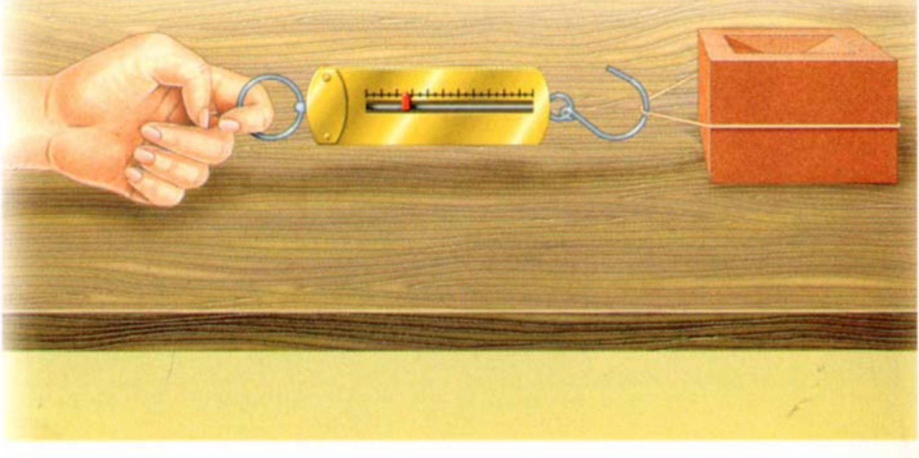


▶ تَضْغَطُ يدا الخزَّاف الطِّينَ المُدَوَّمَ على دُولابِه. هذه القُوَّةُ تُغَيِّرُ شَكْلَ الطِّين.

▲ في هذا التُّرْبين البَسيط المصنوع حوالَى العام 50 ب.م، قُوَّةُ البُخارِ المُنْفلِتِ تُديرُ التُّرْبين.



◀ هذه السُّفُنُ تَطْفو لأنَّ أوزانَها تُضاهي طَفْويَّاتِها. فبالسُّرعةِ الثابتةِ، تتكافأُ قُوَّةُ الدَّسْرِ مع إجماليِّ قُوَى المُقاوَمةِ في حَبلِ قَطْرِ الصَّنْدلَيْن. والتوَتُّرُ في حَبْلَي القَطْرِ يَشُدُّ الصَّنْدلَيْن إلى الأمام.



▶ مُؤَشِّرُ المِقياسِ الزُّنْبُركيِّ هذا يُبَيِّنُ التوَتُّرَ في الخُطَّافِ والنابضِ عند سَحْبِ الآجُرَّة. وعندما تتحَرَّكُ الآجُرَّةُ بِسُرعةٍ ثابتةٍ، فإنَّ المِقياسَ الزُّنْبُركيَّ يَقيسُ قُوَّةَ الاحتِكاك بينَ الآجُرَّةِ والسَّطْحِ الذي تُجَرُّ فوقَه.

أُنْظُر أيضًا

النَّظريَّةُ الحَرَاكيَّة ص 256
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295
كمِّيَّةُ التحَرُّك (الزَّخم) ص 296 – 297
الطَّفْوُ والغَطْس ص 326 – 327

الطاقةُ الكامِنَةُ وطاقَةُ الحَرَكة

الطاقةُ الكامِنَةُ (أو طاقةُ الوَضْع) هي طاقةٌ مُخْتزَنَةٌ في الجِسْمِ نَتيجَةً لِوَضْعِه أو حالتِه. وطاقةُ الحَرَكةِ هي طاقةٌ في الجِسْمِ نتيجةً لِسُرعتِه.



أثناءَ الغَطْس، يكْتسِبُ الغطَّاسُ سُرعةً ويَفْقِدُ ارتفاعًا، وتَتحَوَّلُ طاقةُ وَضْعِه (الكامِنَةُ) إلى طاقةِ حَرَكة.

كُلُّ جِسْمٍ مُتحَرِّكٍ يكْتَسِب بحَركَتِه طاقةً تُسَمَّى طاقةَ الحَرَكة تتناسَبُ طَرديًّا مع كتلتِه ومُرَبّع سُرعته. السيَّاراتُ المُتحَرِّكةُ والمَطارقُ المُترَجِّحة والدَّواليبُ المُدَوِّمةُ كُلُّها أمثلةٌ على أجْسامٍ فيها طاقة حَرَكة.

الأَجْسامُ السَّاكِنةُ أيضًا يتَواجَدُ فيها شَكْلٌ من الطاقةِ نتيجةً لِارتفاعِها أو حالتِها. فالمياهُ في بُحيرةٍ جَبَليَّةٍ تَخْتَزِنُ طاقةً كامنةً (طاقةَ وَضع) حيثُ يُمكِنُ تَدفُّقها إلى مُسْتَوًى أَخْفَض. مَحطَّاتُ توليد القُدْرةِ الكهرَمائيَّة تَسْتَخْدِمُ الطاقةَ الكامنةَ في مياهٍ عاليةِ المُسْتَوى لِتَوليدِ الكهرباء. فالطاقةُ الكامِنَةُ تتحَوَّلُ أوَّلًا إلى طاقةِ حَرَكة أثناءَ سُقُوطِ المياه عَبْرَ الأنابيب. وبعضُ طاقةِ الحَرَكة هذه يَنْتَقِلُ إلى مُولِّداتٍ تُرْبينيَّةٍ تُوَلِّدُ بِدَورانِها طاقةً كهربائيَّةً.

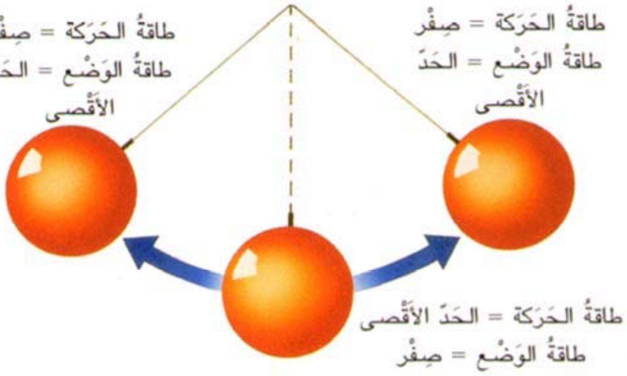
طاقةُ الحَرَكة

طاقةُ حَرَكة الجِسْم تَعْتَمِدُ على سُرعتِه وعلى كُتْلَتِه. السيَّارةُ المُتوَقِّفةُ لا تَواجُدَ لِطاقةِ حَرَكةٍ فيها؛ لكنْ تتواجَدُ فيها طاقةُ حَرَكةٍ أثناءَ سَيْرِها على الطريق، تَزْدادُ بازدِيادِ سُرْعَتِها. والقِطارُ المُنْطَلِقُ بِسُرعةِ السيَّارةِ نَفْسِها طاقتُه الحركيَّةُ أكثرُ بسَبَبِ كُتْلتِه الأعظم.

بِمُضاعَفَةِ كُتْلةِ الجِسْم المُتَحرِّك تَتَضاعَفُ طاقَتُه الحَرَكيَّة؛ وبِمُضاعَفةِ سُرْعتِه تَزْدادُ، طاقَتُه الحَرَكيَّةُ أَرْبَعَ مَرَّات.



سَحْبُ الدَّفَّاشِ (كبّاس الدَّفْع) إلى الخَلْف في مَكِنَة الفليبَرْز (لعبة الكُرات والأهداف) يَشُدُّ نابضًا. وتَبْذُلُ قوَّةُ الشَّدِّ شُغْلًا لِتَخْزينِ طاقةٍ كامِنَةٍ في النابِض. وعندَ تَسْييبِ الدَّفَّاش، يَتمَدَّدُ النابِضُ بِسُرعةٍ مُسْتَعيدًا وَضْعَه اللامَشْدود فيَفْقِدُ طاقةً كامِنَةً، ويَقْذِفُ كُرَةً، تَنْطَلِقُ من المكِنَةِ بطاقةِ حَرَكة.



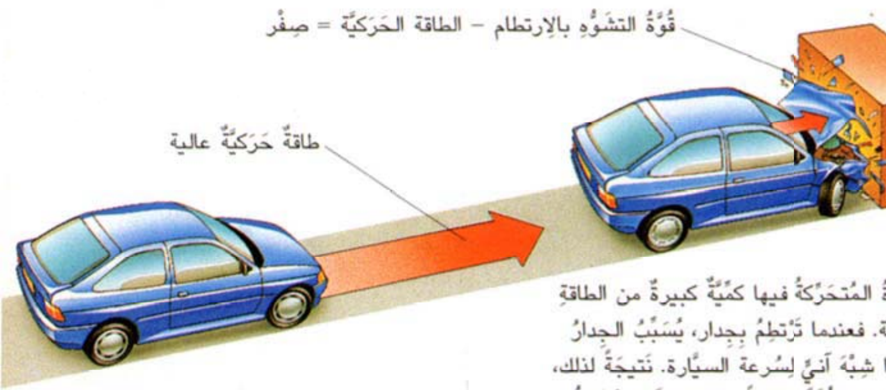
طاقةُ حَرَكةِ البَنْدول (الرَّقَّاص) تبلُغُ حدَّها الأَقْصى وطاقتُه الوَضْعيَّة تبلُغُ حدَّها الأَدْنى في نُقْطةِ التَّرجُّحِ الدُّنْيا. وتَهْبِطُ طاقةُ الحَرَكة إلى الصِّفْر بارتفاعِ طاقتِه الوَضْعيَّة إلى حَدِّها الأَقْصى في كِلا طرَفَي التَرَجُّح.

الجُولُ هو الوَحْدةُ القِياسيَّة للطاقة. إنَّ طاقةَ حَرَكة (طاح) الجِسْم بالجُول تُحْتَسَبُ بالمُعادلة التالية: طاح = $\frac{1}{2}$ك س^2، حيثُ ك = كُتلةُ الجِسْم بالكيلوغرام وَس = سُرعةَ الجِسْم بالمِتْر في الثانية.

فإذا تزَلَّجَ صَبِيٌّ كُتْلتُه 40 كيلوغرام على مِزْلَجةٍ دُحْروجِيَّةٍ بِسُرعةِ 5 أمتار في الثانية، تكونُ طاقَتُه الحَرَكيَّة = $\frac{1}{2} \times 40 \times 5^2 = 500$ جُول. بالمُقارنَة، فإنَّه إذا انطلَقَتْ رَصاصةٌ كُتْلتُها 4 غرامات بِسْرعة 500 مِتْر في الثانية، تكونُ طاقَتُها الحَرَكيَّة أيضًا = $\frac{1}{2} \times 0{,}004 \times 500^2 = 500$ جُول ورُغْمَ أنَّ كُتْلةَ الصَّبِيِّ هي عَشَرةُ آلاف مَرَّةٍ أكثَرَ من كُتْلةِ الرَّصاصة، فإنَّ الرَّصاصة بانطلاقِها أسرَع منه بمِئةِ مرَّةٍ فقط حصَّلَت الطاقةَ الحَرَكيَّة نَفْسَها. ذلك لأنَّ طاقةَ الحَرَكةِ تعتمِدُ على مُرَبَّعِ السُّرعة.

▼ الرَّصاصةُ تَنْطَلِقُ بكمِّيَّةٍ كبيرةٍ من الطاقةِ الحَرَكيَّة بِسَبَبِ سُرْعتِها العالية. وهذه الطاقةُ تُحْدِثُ تَلَفًا بالغًا عندَ انتِقالِها بالصَّدْم إلى الهَدَف – وهو هنا لَوحٌ من الشوكولاتة.





الطاقةُ الكامِنَة (طاقةُ الوَضْع)

الطاقةُ الكامِنَةُ هي الطاقةُ التي تكْتَمِنُ في الجِسْم نَتيجةَ لِوَضْعِه أو حالتِه. فالأَجْسامُ التي يُمكِنُها السُّقوطُ، فيها طاقةٌ كامِنَةٌ. والنَّوابِضُ المَضْغوطةُ أو المَمطوطةُ أو المُلَفَّفةُ فيها أيضًا طاقةٌ كامِنَةٌ.

من الأمثلةِ البَسيطة على تَخْزينِ الطاقة، كطاقةٍ كامِنَةٍ، رَفْعُ آجُرَّةٍ من أرضيَّةِ الغُرْفةِ ووَضْعُها على الطاولة. فالشَّخْصُ (أو الجهازُ) الذي يَرْفَعُ الآجُرَّةَ يَبْذُلُ شُغْلًا ضِدَّ قُوَّةِ الجاذبيَّة برَفْعِه الآجُرَّة إلى وَضْعٍ أعلى. وعندما تُوضَعُ الآجُرَّةُ على الطاولة، تكونُ قد اكتسَبَت طاقةً كامِنَةً مُساوِيَةً لكمِّيَّةِ الشُّغْلِ المَبْذولِ في رَفْعِها. ولو كانتِ الآجُرَّةُ مَرْبُوطةً بخَيْطٍ مَلْفوفٍ حوْلَ عمودِ الإدارةِ لِمُولِّدٍ كهربائيّ، ثُمَّ سُيِّبَت لِتَسْقُطَ، فإنَّ طاقتَها الكامِنَةَ أثناءَ السُّقوطِ تتحَوَّلُ إلى طاقةٍ كهربائيَّة.

عندما يُرْفَعُ جِسْمٌ ضِدَّ فِعلِ الجاذبيَّة، فإنَّ الشُّغْلَ المَبْذولَ يُساوي حاصِلَ ضَرْبِ قُوَّةِ الجاذبيَّة في فَرْقِ الارتفاع. وبما أنَّ الشُّغْلَ المَبْذُولَ يُساوي الزِّيادةَ في الطاقةِ الكامِنَة (طاقةِ الوَضْع)، فإنَّ مُعادَلَةَ احتِسابِ الزيادة في الطاقةِ الكامنةِ مَقِيسَةً بالجُول هي كما يلي: الطاقة الكامنة (بالجُول) = كتلة الجِسْم (بالكيلوغرام) × التغَيُّر في الارتفاع (بالأمتار) × ثابت الجاذبيَّة «9,8»، ثابتُ الجاذبيَّة يُحَوِّلُ كُتْلةَ الجِسْم بالكيلوغرام إلى وَزْنه بالنيوتُن؛ وقيمتُه = 9,8 على مُسْتوى سَطْحِ البَحْر.

فمَثلًا، الكِيسُ الذي يَحْوي كيلوغرامًا من السُّكَّر على رَفٍّ ارتِفاعُه مِتْران يَخْتَزِنُ طاقةً كامِنَةً = 1 × 9,8 × 2 = 19,6 جُول أكثرَ مِمَّا يَخْتَزِنُه الكِيسُ عندما يكونُ على أرضيَّةِ الغُرْفة. كذلك، فإنَّ كيسًا يَحْوي 5 كيلوغرامات من البطاطا على الرَّفِّ نَفْسِه يَفْقِدُ 5 × 9,8 × 2 = 98 جُولًا يكونُ قد اكتسَبَها من طاقةِ الحَرَكة بعد أن يَسْقُطَ ويرتطِمَ بأرضيَّةِ الغُرْفة.

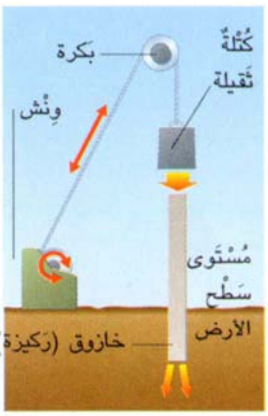
السيَّارةُ المُتحَرِّكةُ فيها كمِّيَّةٌ كبيرةٌ من الطاقةِ الحَرَكيَّة. فعندما تَرْتطِمُ بِجدار، يُسَبِّبُ الجِدارُ تَقاصُرًا شِبْهَ آنيٍّ لِسُرعة السيَّارة. نَتيجَةً لذلك، يَبْذُلُ الجِدارُ قُوَّةً عَظيمةً على السيَّارة تَجْعَلُ هَيْكلَها يَنْبَعِجُ عند نُقْطةِ الصَّدْم.



أثناءَ الإصطِدام، تتوَقَّفُ السيَّارةُ بسُرعةٍ، لكنَّ شاغِليها وأيَّ أجْسامٍ سائِبةٍ فيها تُواصِلُ تحَرُّكَها إلى الأمامِ بقوَّةِ الإستِمْرار.

تحَوُّلاتُ الطَّاقة

طاقةُ الحَرَكة لِسيَّارةٍ كُتلتُها 1000 كيلوغرام مُنطلِقَةً بِسُرعةِ 108 كيلومترات في السَّاعة (أو 30 مترًا في الثانية)، تُساوي 450 000 جُول. مَصْدَرُ هذه الطاقة هو طاقةُ الوَقُودِ الكيماويَّةُ، التي تنطلِقُ أثناءَ احتراقِه في المُحَرِّك. فَبِغيابِ الاحتِكاكِ ومُقاوَمةِ الهواء، يُفْتَرَضُ أنْ تَتَمَكَّنَ السيَّارةُ من الصُّعودِ نحو قِمَّةِ تَلَّةٍ إلى عِلْوِ 46 مترًا تقريبًا. لكِنْ في الواقِع، بعضُ الطاقةِ يُسْتَهْلَكُ في مُقاوَمةِ الاحتِكاكِ بالأرض وفي مُقاوَمةِ الهواء، كما إنَّ مَكابِحَ السيَّارة تَعْمَلُ بتَحْويلِ طاقةِ الحَرَكةِ إلى طاقةٍ حراريَّة – حيثُ 450 000 جُول من الطاقة الحراريَّة كافيةٌ لإغلاءِ قُرابةَ خَمْسةِ دِلاءٍ من المياهِ البارِدة.



▲ مِدَقُّ الخوازيق (أو الرَّكائز) مَكِنةٌ تَدُقُّ الركائزَ أو الأعمدةَ الفُولاذيَّةَ في الأرض. أبْسَطُ هذه المَكِنات يتألَّفُ من وِنْشٍ يَرْفَعُ كُتْلَةَ الدقِّ الثَّقيلةَ عاليًا ثُمَّ يُسْقِطُها فوقَ النُّصْبة. عندَ الإسقاطِ تُجَمِّعُ الكُتْلةُ سُرعةً وطاقةَ حَرَكةٍ، تَبْلُغان اكثرَ من مِليون جُول من الطاقة، تُدَكُّ بِها الرَّكيزةُ مع كُلِّ خَبْطة.



◄ مِدَقَّاتُ الخوازيق الثلاث في هذه الصورة تُهَيِّئُ الأُسسَ (الأَساسات) للمَباني. وستَحْمِلُ الرَّكائزُ أثقالَ الإنشاءاتِ النِّهائيَّة.



تُدارُ الساعةُ الميكانيكيَّةُ بالطاقةِ الكامِنَةِ في نابِضٍ مُلَفَّفٍ مَشْدود. آليَّةُ ضَبْطِ الإنفلات تُحَرِّرُ هذه الطاقةَ في دَفَقاتٍ مُوَقَّتةٍ لِتُدير عَقارِبَ السَّاعة بدِقَّة.

أُنْظُر أيضًا

النَّظَريَّةُ الحَراكيَّة ص 256
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295
كمِّيَّةُ التحرُّك (الزَّخم) ص 296 – 297

الشُّغْلُ والطَّاقة

يُبْذَلُ شُغْلٌ عندما تَنْتقِلُ قُوَّةٌ عَبْرَ مَسافةٍ مُعَيَّنة. وتُعَرَّفُ الطاقةُ بأنّها القُدْرةُ على أَداءِ شُغْل؛ ومُعدَّلُ بَذْلِ الشُّغْل، بتَحْويلِ الطاقةِ من شَكْلٍ إلى آخَر، هو القُدْرة.



قَذْفةُ رامي الكُرةِ الحديديّةِ الثَّقيلةِ تَبْذُلُ شُغْلًا عليها لِتُزوِّدَها بِطاقةٍ حَرَكيّة. مَصْدرُ الطاقةِ، التي تُؤدّي هذا الشُّغْلَ، هو الطاقةُ الكيماويّةُ من مَوادَّ في الدَّم مَصْدرُها الطَّعام.

تُؤدِّي المكِناتُ شُغْلًا عندما تُحوِّلُ الطاقةَ من شَكْلٍ إلى آخَر. مَثلًا، تُؤدِّي المِرْوحةُ الكَهْربائيّةُ شُغْلًا عندما تُحوِّلُ الطاقةَ الكهربائيّةَ إلى طاقةٍ حَرَكيّةٍ في الهواء. فالمُحرِّكُ الكهربائيُّ في المِرْوحةِ يَسْتَهْلِكُ طاقةً كهربائيّةً لِيُولِّدَ قُوّةَ تَدْويرٍ تُدَوِّمُ المِرْوحة. وأرياشُ المِرْوحةِ تُسلِّطُ قُوّةَ دَفْعٍ على الهواءِ تجعَلُه في تَحرُّكٍ دائم. ففي كُلٍّ من هذه المَراحِل، تُنْتِجُ الطاقةُ قُوّةً تَتحرَّك وتُؤدِّي شُغْلًا.

المَكِناتُ البَشَريَّة

عندما يتسَلَّقُ الناسُ السَّلالِم أو يَصْعَدون الأَدْراج يُحَوِّلون الطاقةَ الغِذائيّةَ إلى طاقةِ وَضْعٍ وطاقةٍ حراريَّة. والمَعْروفُ أنَّ الطاقةَ المُسْتَهْلكةَ في هُبوطِ السَّلالِم أَقلُّ، لأنَّ قُوّةَ الجاذبيّةِ تُسْهِمُ في عمليّةِ الهُبوط. لكِنَّ بعضَ الطاقةِ لا يَزالُ مَطْلوبًا للتحَرُّكِ إلى الأَمام ولإِبْقاءِ الجِسْمِ مُنْتَصِبًا.



سَحْبُ دُودةٍ من الأرض بالشَّدِّ يَتطَلَّبُ شُغْلًا. وتَعْتَمِدُ كمّيّةُ الشُّغْلِ اللّازمةُ على قُوّةِ الاحتِكاك بين الدُّودةِ والتُّرْبة، وعلى مَسافةِ الشَّدّ.

القانونُ الأَوَّلُ للدِّيناميّات الحراريَّة

الدِّيناميّاتُ الحراريّةُ هي دِراسةُ الطاقةِ وطرائقِ تحَوُّلِها من شَكْلٍ إلى آخَر. القانونُ الأوَّلُ للدِّيناميّات الحراريّةِ يَنُصُّ على أنَّ مُجْمَلَ المُحْتَوى الطاقيِّ في الكَوْن هو كمِّيّةٌ ثابتةٌ – أي إنَّ الطاقةَ لا تُخْلَقُ ولا تَفْنى، بَلْ تَتحَوَّلُ من شَكْلٍ إلى آخَر. وحيثُ إنَّ المَكِناتِ هي مُحوِّلاتٌ طاقيَّةٌ، فإنَّ القانونَ الأَوَّلَ للدِّيناميّات الحراريّة يُساعِدُ المُهَنْدسينَ في تَصْميمِ مِكناتٍ فعَّالة.

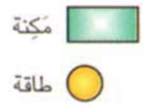
الحرارةُ المَهْدُورة

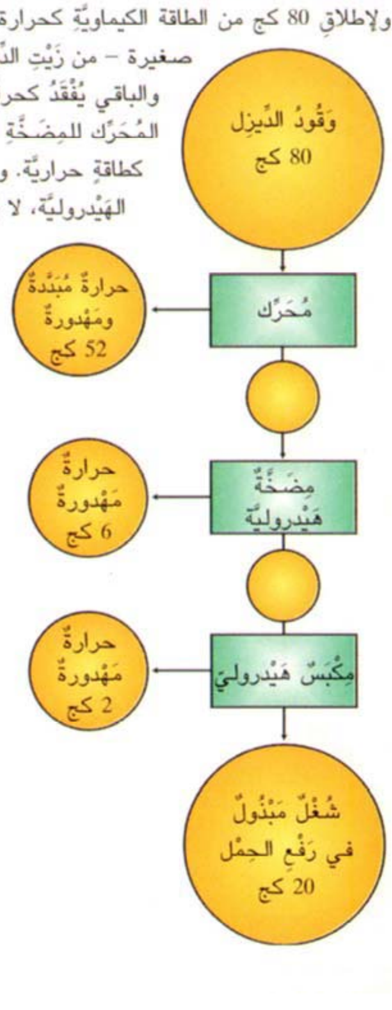
إحدى مَشاكِلِ جميع المكِنات هي إنتاجُها طاقةً حراريَّةً مَهْدورة مُبَدَّدة. فمَكِناتٌ، كمُحَرِّكاتِ السيّارات مثلًا، تُجَهَّزُ بِمُشِعّاتٍ تُبَدِّدُ الحرارةَ كيلا يَسْخُنَ المُحَرِّكُ إلى حَدٍّ مُفْرِط. وتَحْوي المُحَرِّكاتُ الكهربائيّةُ مَراوِحَ صَغيرةً تَنْفُخُ هواءً بارِدًا عَبْرَ مِلَفّات الأَسْلاك الساخِنة في الداخل.

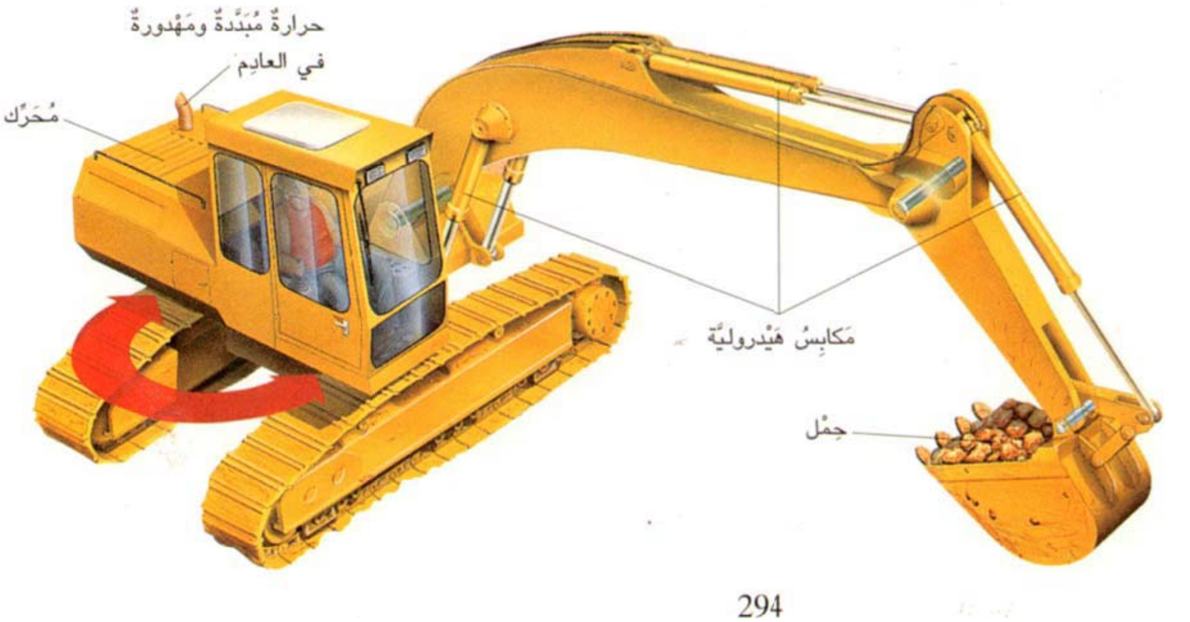
المكِناتُ تتلَقّى شَكْلًا من أَشْكال الطاقة لإنتاج شَكْلٍ آخرَ من الطاقة. والحرارةُ المُبَدَّدةُ لا تُؤدّي شُغْلًا مفيدًا، فهي حرارةٌ مَهْدُورة.

بَذْلُ الشُّغْل واستِهْلاكُ الوُقُد

عندما تَبْذُلُ حفّارةٌ آليّةٌ 20 000 جُول (20 كج «كيلوجُول») من الشُّغْل على حِمْلٍ مَا، فهيَ تَسْتَهْلِكُ وَقُودًا يُزَوِّدُها بطاقةٍ تبلُغُ حوالى أربعة أَضْعاف الطاقةِ الحراريّة المُنْبَعِثةِ عندَ احتِراقِ الوَقُودِ في مُحَرِّكِ الحفّارة. ولإطلاقِ 80 كج من الطاقة الكيماويّةِ كحرارة، يَنْبغي أن يَحْرِقَ المُحَرِّكُ 2 سم^3 – أي قُرابة نِصْف مِلْعقة صغيرة – من زَيْتِ الدِّيزل. فقَطْ 38 كج من تلك الحرارةِ تتحَوَّلُ إلى طاقةٍ ميكانيكيّة، والباقي يُفْقَدُ كحرارةٍ مَهْدُورةٍ في العادِم وفي مَنْظومةِ المُحَرِّك. وخِلالَ تَدويرِ المُحَرِّك للمِضَخّةِ الهَيْدروليّة، يَسْخُنُ المائعُ الهَيْدروليُّ ويُفْقَدُ مَزيدٌ من الطاقة كطاقةٍ حراريّة. وبعدَ فِقدانِ كمّيّةٍ إضافيّةٍ قليلةٍ من الحرارة في المَكابِسِ الهَيْدروليّة، لا يَبْقى سِوى 20 كج فقَطْ لتَأديةِ شُغْل.











في صُعودها الدَّرجَ مَشيًا، تَسْتَخدِمُ هذه الفتاةُ نِصْفَ القُدْرة التي تستخدِمُها في نِصْف الزَّمَن عَدْوًا. لكِنَّ الزِّيادةَ في طاقةِ الوَضْع (الطاقة الكامِنَة) مُتساويةٌ في كِلا الحالَيْن.

وَحَداتُ الشُّغْل والطَّاقة

تُقاسُ الطاقةُ بالجُول. الألْفُ جُول تُساوي كيلوجول (1كج) والمليون جُول تُساوي ميغاجُول (1مج). الكيلوجُول من الطاقة الحراريَّة يَرْفَعُ درجةَ حرارةِ مِلْعقةٍ صغيرةٍ من الماءِ البارِد إلى دَرجةِ الغَلَيان (100°س) أو يُضيءُ صَمَجةَ مِصباحِ جيب لِمُدَّةٍ تُقارِبُ 15 دقيقةً.

كيسُ السُّكَّر الذي وَزْنُه كيلوغرام يَحْوي 21 ميغاجُولًا من الطاقةِ الكيماويَّة. هذه الكمِّيَّةُ من الطاقة تُساوي الزِّيادةَ في طاقةِ الوَضْع التي يكتَسِبُها ثلاثةُ أشخاصٍ، وَزْنُ كُلٍّ منهم 70 كيلوغرامًا، عندما يتسلَّقون من مُسْتَوى سَطْح البَحْر إلى قِمَّةِ جَبَل إفِرِسْت. في الواقِع، كُلُّ شَخْص يَتَناوَلُ من الغذاءِ ما يُعادِلُ أكثَرَ من ثُلُثِ كيسِ السُّكَّر هذا كي يَقومَ بهذا المِقْدار من الشُّغْل، لأنَّ مُعظَمَ الطاقةِ الكيماويَّةِ في الغِذاء يُحَوَّلُ إلى طاقةٍ حراريَّة.

القُوَّةُ والشُّغْل

يُبْذَلُ شُغْلٌ عندما تُؤثِّرُ قُوَّةٌ في جِسْمٍ مَّا. فيُبْذَلُ جُولٌ واحدٌ من الشُّغْل عندما تتحَرَّكُ قُوَّةٌ مقدارُها نيوتُن مَسافةَ مِتْرٍ واحدٍ. فإذا احتَجْنا إلى قُوَّةِ 100 نيوتُن لِدَفْع كُومةٍ من الكُتُبِ عَبْرَ طاولةٍ مُرَبَّعةٍ طولُ ضِلْعها مِتْران، فإنَّ كمِّيَّةَ الشُّغْل المَبْذُول تُساوي 100 × 2 = 200 جُول. في هذا المَثَل، يُبْذَلُ الشُّغْلُ للتَّغَلُّبِ على قُوَّةِ الاحتِكاك بينَ الكُتُبِ وبينَ سَطْحِ الطاولة.

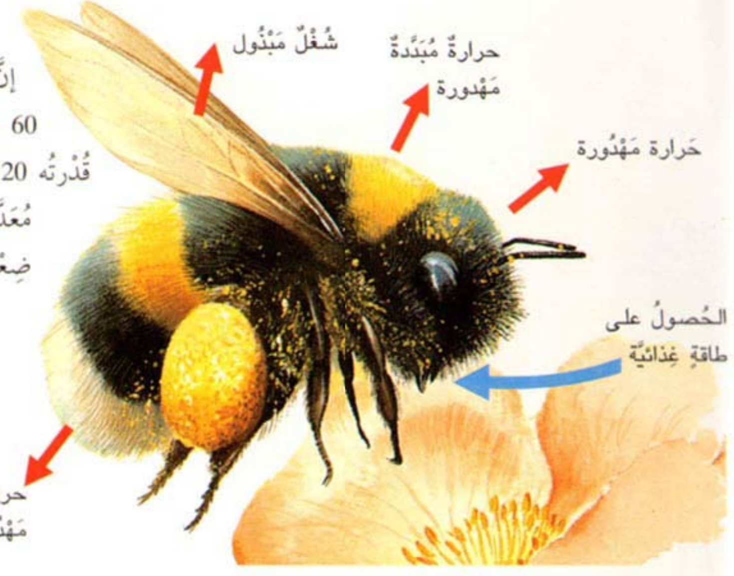
القُدْرة

أحيانًا يَصْعَدُ الناسُ الأدراجَ مَشْيًا؛ وأحيانًا يَصْعَدُونها عَدْوًا. في كلا الحالَيْن، فإنَّ الكَسْبَ في طاقةِ الوَضْع «الطاقة الكامنة» للشخص يعتمِدُ فقَطْ على كُتْلتِه وعلى الارتفاع العَموديّ لكامِلِ الدَّرَج. الصعودُ الأسرَعُ يَتطَلَّبُ جُهدًا أكثَرَ – فهو يَتطَلَّبُ أداءَ الشُّغل بِمُعدَّلٍ أسرَعَ. فالقُدْرةُ هي مُعَدَّلُ بَذْلِ الشُّغْل أو مُعَدَّلُ تَحْويلِ الطاقة؛ وتُقاسُ بالواط. الواط يُعادِلُ بَذْلَ جُولٍ من الشُّغْل في الثانية، أو تَحْويلَ جُولٍ من الطاقة في فَتْرةٍ ثانية.

القُدْرةُ هي مُعَدَّلُ الشُّغل الذي تَبْذله القوَّة – أو خارج قِسْمة الطاقة على الزَّمَن. فإذا صَعِدَ شَخْصٌ وَزْنُه 40 كيلوغرامًا دَرَجًا عُلُوّه 3 أمتار، فإنَّ الزِّيادةَ في طاقتِه الكامِنَة هي حوالى 1200 جُول. فإذا استَغْرقَ صعودُه خَمْسَ ثوانٍ، فإنَّ قُدْرتَه تُساوي 240 واطًا. أمَّا إذا هُرِعَ صاعدًا الدَّرَجاتِ في ثانيةٍ واحدة، فإنَّ قُدْرتَه في هذه الحال تُساوي 1200 واط – أي ما يُقارِبُ قُدْرةَ مُحَرِّكِ جَزَّازةِ عُشْب. لكِنَّ المُحَرِّكاتِ تَسْتطيعُ مُداومةَ مُستواها من القُدْرةِ بشكلٍ مُستَمِرٍّ؛ أمّا الإنسانُ فلا يُمكِنُه مُداوَمةُ هذا المُسْتَوى من القُدْرةِ إلّا لِفَتَراتٍ قَصيرة.

القُدْرةُ قِياسٌ مُفيدٌ في مُقارَنةِ مُحوِّلاتِ الطاقة.

فصَمَجةُ إنارةٍ، مثلًا، قُدْرتُها 60 واطًا، تَسْتَهْلِكُ 60 جُولًا من الطاقةِ الكهربائيَّةِ في الثانية. كما إنَّ مُجْملَ خَرْجِها من الحرارة والضوء، هو أيضًا 60 جُولًا في الثانية. والجهازُ التلِفِزيونيُّ، الذي قُدْرتُه 120 واطًا، يُحَوِّلُ الطاقةَ بِمُعدَّلٍ يُساوي ضِعْفَ مُعَدَّل ما تُحوِّلُه الصَّمَجة، وتكونُ تَكْلِفةُ تَشْغيلِه ضِعْفَ تَكْلِفَةِ تَشْغيلها للمُدَّةِ نَفْسِها.



◄ تخضَعُ النَّحْلُ أيضًا لِقانون الدِّيناميَّاتِ الحراريَّة الأوَّل. فإجماليُّ الطاقةِ الحراريَّةِ الذي تُنْتِجُه والشُّغْلُ الذي تَقومُ به يُساوي كمِّيَّةَ الطاقة التي تَحصُلُ عليها من الغِذاء.



الرِّياضيُّ والفيزيائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم طُومْسون (1824 – 1907) صاغَ القانونَ الثاني للدِّيناميَّات الحراريَّة. وهو الذي وَطَّدَ مَفْهومَ الصِّفْر المُطْلَق وابتكرَ مِقياس كِلْفِن لِدَرَجات الحرارة.



سيَّارة 40 000 واط (40 كيلوواط)



جهازُ تلِفِزيون 120 واطًا



إنسان 400 واط

مُحَرِّكُ سيَّارةٍ نمُوذجيٌّ يُنْتِجُ حوالى 40 000 واط من القُدْرة الميكانيكيَّة المُفيدة. جِهازُ التلِفِزيون يَسْتَهْلِكُ حوالى 120 واطًا من القُدْرة الكهربائيَّة، بينما يَسْتَهْلِكُ الإنسانُ العاديُّ أثناءَ العَدْو قُدْرةً تقاربُ 400 واط.

اُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 – 107
الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126 – 127
الطاقةُ الكامِنَةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293

كمِّيَّةُ التَّحَرُّك (الزَّخْم)

كمِّيَّةُ التحَرُّك (الزَّخْم) هي حاصِلُ ضَرْب كُتْلةِ الجِسْم بالكيلوغرام في سُرْعتِه بالمِتْر في الثانية. وهي ذاتُ مَعالِمَ بيِّنَةٍ في قوانين نيوتُن الثلاثة للحَرَكة.



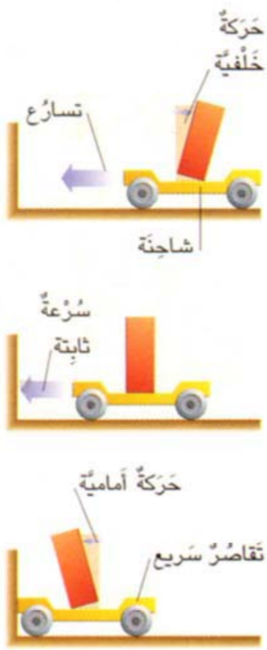
الرِّياضيُّ والفيزيائيُّ البريطانيُّ إسحٰق نيوتُن (1642 – 1727) استَنْبطَ ثلاثةَ قوانينَ لِتَوصيفِ حَرَكةِ الأَجْسام.

منذُ أكثرَ من 300 سنة، استَخْدم إسحٰق نيوتُن فِكْرتَي كمِّيَّةِ التحَرُّك والعَطالة (القُصورِ الذاتيّ) في صِياغةِ قوانينِه الثلاثة للحَرَكة. هذه القوانينُ تَصِفُ وتَتَنبَّأُ بتأثيراتِ القُوَى في الأَجْسام. وهي تأتي بتَنَبُّؤاتٍ دقيقةٍ في مُعظمِ الحالات، لكنَّ نظريَّةَ النِّسبيَّة لأَيْنشتَيْن تُعْطي نتائجَ أكثرَ دِقَّةً في حالِ الأَجْسام التي تقارِبُ سُرعاتُها سُرْعةَ الضوء.

قانونُ نيوتُن الأَوَّل

كمِّيَّةُ تحَرُّك الجِسْم هي حاصِلُ ضَرْب كُتْلتِه في سُرعتِه الاتِّجاهيَّة. فإذا يركضُ شَخْصٌ وَزْنُه 50 كيلوغرامًا بِسُرعةِ 10 أمتار في الثانية، فإنَّ كمِّيَّةَ تحَرُّكه تُساوي 50 كغ × 10 م/ث أو 500 كغ م/ث. وعندَ التوقُّف (أو السُّكون) تكونُ كمِّيَّةُ تحَرُّكه صِفْرًا. وَحَداتُ كمِّيَّةِ التحَرُّك هي الكيلوغرام مِتْر في الثانية.

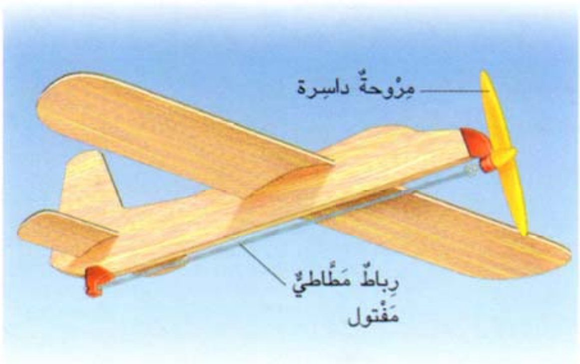
قانونُ نيوتُن الأَوَّل للحَرَكة يَنُصُّ على أنَّ «كمِّيَّةَ تحَرُّكِ جِسْمٍ تَبْقَى ثابتةً حتَّى تُؤثِّرَ فيه قُوَّةٌ مّا». هذه الصَّفْحةُ، مثلًا، تَظَلُّ ساكِنَةً حتَّى تَقْلِبَها أنتَ أو تَهُبَّ عليها الرِّيح فتُحَرِّكها. وفي كلا الحالَيْن، هناك قُوَّةٌ تجعَلُها تتحَرَّكُ فتُغَيِّرُ كمِّيَّةَ تحَرُّكها.



▲ الجِمْلُ المُنْتَصِبُ قائمًا في شاحِنَةٍ تَشُدُّه قاعدتُه إلى الأمام إذا تسارَعَتِ الشاحنة. فكُلُّ حِمْلٍ طويلٍ يَميلُ خَلْفًا أو يَنْقَلِبُ في هذه الحالة. وإذا توَقَّفت الشاحنةُ فَجْأةً، فقُوَّةُ التقاصُرِ ستُؤثِّرُ في الحِمْلِ أيضًا عَبْرَ قاعدتِه بتأثيرٍ عَكْسِيّ.



◄ يُطَوِّرُ مُحَرِّكُ هذه المَرْكبةِ قُوَّةً هائلةً تجعَلُ المَرْكَبةَ تَتَسارَعُ بالسُّرعةِ القُصْوى. ويعتَمِدُ مُعَدَّلُ تغَيُّرِ زَخْمِ المَرْكَبة على تَسارُعِها، الذي يعتَمِدُ بدَوْرِه على القُوَّةِ التي يَسْتَطيعُ المُحَرِّكُ تَسْليطَها على الطريق عَبْرَ الدواليب.



يَفْتَرِضُ القانونُ الثاني أنَّ التَّسارُعَ الأَقْصى للطائرة يَتِمُّ عندما كُتْلتُها هي أصغرُ قَدْرٍ مُمْكِنٍ، ومِرْوَحتُها تُوَلِّدُ أعظمَ دَسْرٍ مُمْكِن.

السُّرْعةُ والسُّرْعةُ الاتِّجاهيَّة

تُحَدَّدُ كمِّيَّةُ التحَرُّك بالسُّرعةِ الاتِّجاهيَّة وليسَ بالسُّرعةِ اللَّااتِّجاهيَّة. ومن المُهِمِّ عَدَمُ الخَلْطِ بينَ هاتَيْن السُّرْعتَيْن. فالسُّرعةُ الاتِّجاهيَّةُ تربِطُ مَعْلومتَيْن معًا – السُّرعةَ التي يتحَرَّكُ بها الجِسْمُ، واتِّجاهَ تحَرُّكه. وهي تتَغَيَّرُ إذا تغَيَّرت إحدى هاتين الكمِّيَّتَيْن – السُّرْعةُ أو الاتِّجاه.

فإذا انطلقَتْ سيَّارتان جَنْبًا إلى جَنْبٍ في خطٍّ مُسْتَقيمٍ بسُرعةِ 50 كيلومترًا في السَّاعة، فإنَّ سُرْعتَيْهما الاتِّجاهيَّتَيْن تكونان مُتَطابقتَيْن. لكنْ إذا انطلقَتا بالسُّرْعةِ نَفْسِها في اتِّجاهَيْن مُخْتلِفَيْن، فإنَّ سُرْعتَيْهما الاتِّجاهيَّتَيْن لن تكونا مُتَساويتَيْن. وإذا انطلقَتْ سيَّارةٌ ثالثةٌ بسُرْعةٍ ثابتةٍ في مَسارٍ دائريٍّ، فإنَّ سُرْعتَها الاتِّجاهيَّةَ تتغَيَّرُ باستِمْراريَّةٍ تغَيُّرِ اتِّجاهِها بَعيدًا عن الخطِّ المُسْتَقيم.

قانونُ نيوتُن الثاني

عندما تُؤثِّرُ قُوَّةٌ مُفْردةٌ في جِسْمٍ فإنَّها تُسارِعُه (تجعَلُه يتسارَعُ) في اتِّجاهِها. وعندَ قَذْفِ كُرَةٍ، مثلًا، فإنَّ القُوَّةَ من عَضَلاتِ ذِراعِ الرَّامي تجعَلُ الكُرَةَ تَتَسارَع، وتَزيدُ من كمِّيَّةِ تحَرُّكها. ومعَ تَزايُدِ كُتْلةِ الكُرة، تَزْدادُ صُعوبةُ مُسارَعتِها.

قانونُ نيوتُن الثاني يَنُصُّ على أنَّ «مُعَدَّلَ تغَيُّرِ كمِّيَّةِ تحَرُّكِ الجِسْم يَتناسَبُ طَرْديًّا مع القُوَّةِ التي تُؤثِّرُ فيه». وحيثُ إنَّ التَّسارُعَ هو مُعَدَّلُ تغَيُّرِ السُّرعةِ الاتِّجاهيَّة، فإنَّ حاصِلَ ضَرْب الكُتْلةِ في التَّسارُع يُساوي مُعَدَّلَ تغَيُّرِ كمِّيَّةِ التحَرُّك. لذلك يُكْتَبُ قانونُ نيوتُن الثاني عادةً كما يلي:
ق = ك ع (F = ma)، حيثُ ق = القُوَّة بالنيوتُن، ك = الكُتْلة بالكيلوغرام، وَع = التَّسارُع (أو العَجَلة) بالمِتْر في الثانية في الثانية.

قانونُ نيوتُن الثالث

قانونُ نيوتُن الثالث يَنُصُّ على أنَّه «عندما تُؤَثِّرُ قُوَّةٌ في جِسْمٍ، فإنَّ قُوَّةً أُخرى مُساويةً ومُضادَّةً تؤثِّرُ في جِسْمٍ آخَرَ». هذه القُوَّةُ المُساويةُ في المِقْدارِ والمُضادَّةُ في الاتِّجاه تُسَمَّى غالبًا قُوَّةَ رَدِّ الفِعْل.

عندما تُشَغِّلُ مَرْكبةٌ فَضائيَّةٌ مُحَرِّكَها الصَّاروخيَّ، فإنَّ عمليَّةَ الاحتِراق، في حُجْرةِ الاحتِراق، تُسَبِّبُ إفلاتَ الغازاتِ الحارَّة من فُوَّهةِ الصَّاروخ بِسُرعةٍ عالية. وحيثُ إنَّ الوَقُودَ والمؤكْسِدَ اللذين يغذِّيان الصاروخَ عديما الزَّخْمِ تقريبًا، فإنَّه يتوجَّبُ أن تُحْدِثَ عمليَّةُ الاحتِراق قُوَّةً «خَلفيَّةً» تَدْفَعُ جُزيئاتِ الغازِ خارِجَ الفُوَّهة. وقُوَّةُ رَدِّ فِعْلِ الغازات على حُجْرةِ الاحتِراق، تَدْفَعُ المَرْكبةَ الفَضائيَّةَ قُدُمًا في مَسارِها. وبما أنَّ كُتْلةَ المَرْكَبةِ أعظمُ بكثيرٍ من كُتْلةِ الغازاتِ المُنْفَلِتةِ منها فإنَّ المَرْكبةَ الفَضائيَّةَ تَتسارَعُ أقَلَّ بكثيرٍ من تَسارُعِ الغازات لِتغَيُّرِ كمِّيَّةِ التحرُّك (الزَّخْم) نَفْسِه.



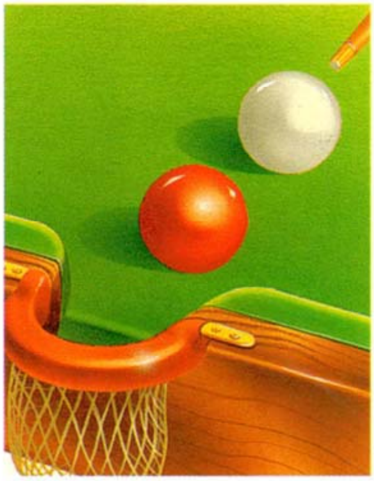
المُتَزلِّجون على الثَّلْجِ يعتَمِدون على قانونِ نيوتُن الثالث في حَرَكاتِهِم - فالدَّفْعُ خَلْفًا بِعَصاتَي التزَلُّجِ يُوَلِّدُ قُوَّةَ رَدِّ فِعْلٍ مُساويةً ومُضادَّةً تَدْفَعُهم أمامًا على الثَّلْج.

كمِّيَّةُ التحرُّك والعَطالة

العَطالةُ (القُصورُ الذاتيُّ) هي خاصِّيَّةُ مُقاومةِ الجِسْمِ لأيِّ تَغَيُّرٍ في كمِّيَّةِ تَحرُّكِه - أي لأن يَبْقى ساكِنًا أو مُتحَرِّكًا باطِّرادٍ في خطٍّ مُسْتَقيم. إنَّ تَغْييرَ كمِّيَّةِ تحرُّكِ الجِسْمِ يَتطَلَّبُ بَذْلَ شُغْلٍ ضِدَّ عَطالَتِه. لِذا يَلْحَظُ الدَّرَّاجون ضَرورةَ بَذْلِ جُهْدٍ في بَدْءِ عمليَّةِ الدُّروجِ من الوَقْفِ التامِّ أزْيَدَ منه في مُواصَلةِ تحَرُّكِها بِسُرعةٍ ثابتةٍ في خَطٍّ مُسْتَقيم. ذلك لأنَّ الدرَّاجَ يَنْبَغي أنْ يَتغَلَّبَ على عَطالتِه الخاصَّة وعَطالةِ درَّاجتِه لِبَدْءِ التحَرُّك. أمَّا عندما تكونُ السُّرعةُ ثابتةً، فإنَّ الدرَّاجَ يَحْتاجُ فقَطْ إلى التغَلُّبِ على مُقاوَمةِ الهواء. السِّير إسحٰق نيوتُن كان أوَّلَ من أدركَ الحاجةَ إلى قُوَّةٍ للتغَلُّبِ على العَطالةِ، وجَعْلِ الأَجْسامَ تَتسارَعُ أو تَتَقاصَر.

حِفْظُ كمِّيَّةِ التحَرُّك

عندما تُطْلَقُ رَصاصةٌ من بُنْدقيَّة، فإنَّ القُوَّةَ التي تُدْفَعُ بها الرَّصاصةُ مُساوِيةٌ ومُضادَّةٌ لقُوَّةِ الارتِدادِ التي تُدْفَعُ بها البُنْدُقيَّة. ووَفْقًا للقانون الثاني، فإنَّ مُعَدَّلَ التغَيُّرِ في كمِّيَّةِ التحَرُّك للرَّصاصةِ وللبُنْدُقيَّةِ يجِبُ أنْ يكونَ مُتَساويًا ومُتَضادًّا، لأنَّ كلا قُوَّتَي الانطلاقِ والارتِداد تُؤثِّران في الفَتْرةِ نَفْسِها من الزَّمَن. في عِلْمِ الميكانيكا، يُعَبَّرُ عن مَفهوم «التَّضادّ» بعَلامةِ ناقِص (-)، بحيثُ إنَّ مَجْموعَ قيمتَي كمِّيَّةِ التحَرُّك المُتَساويَتَيْن والمُتَضادَّتين للرَّصاصةِ وللبُنْدُقيَّةِ يُساوي صِفْرًا قَبْلَ الإطلاقِ وبَعْدَه. وهذا مَثَلٌ تَطْبيقيٌّ على مَفْهومِ حِفْظِ كمِّيَّةِ التحَرُّك.



عندما تَتَصادَمُ كُرَتان ثُمَّ ترتَدّان واحِدتُهما عن الأخرى، فإنَّ مُجْمَلَ كمِّيَّتَي تحَرُّكِهما قبْلَ التَّصادُم يُساوي مُجْمَلَ كمِّيَّتَي تحَرُّكِهما بَعْدَ التَّصادُم.

قوانينُ نيوتُن الثلاثة للحَرَكة

بَعيدًا عن جاذبيَّةِ الأرض وقُوَى الاحتِكاك فيها، تَخْضَعُ حَرَكاتُ المَرْكبةِ الفَضائيَّةِ لِقوانينِ نيوتُن الثلاثة لِلْحَرَكة. المُحَرِّكُ الصَّاروخيُّ يُطلِقُ غازاتٍ إلى الخَلْف فتُنْتِجُ قُوَّةَ رَدِّ فِعْلٍ تدفَعُ المَرْكبةَ إلى الأمام (القانون الثالث). ويتَناسَبُ تَسارُعُ المَرْكبةِ الفَضائيَّةِ طَرْديًّا مع قُوَّةِ المُحَرِّك وعَكْسيًّا مع كُتْلتِها (القانون الثاني). وعندما تتوَقَّفُ المُحَرِّكاتُ، تواصِلُ المَرْكبةُ مَسارَها في الفَضاءِ في خطٍّ مُسْتَقيمٍ بِسُرعةٍ اتِّجاهيَّةٍ ثابتةٍ (القانون الأوَّل).

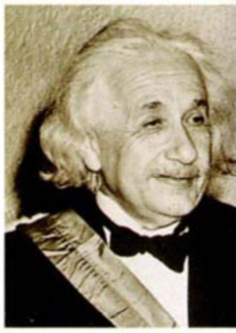


أنْظُر أيضًا

القُوَى ص 290- 291
الطاقةُ الكامِنَةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 - 293
الصَّواريخُ والمكُّوكُ الفَضائيّ ص 420 - 421

النِّسْبِيَّةُ والجاذِبِيَّة

نيوتُن فَسَّرَ الجاذبيَّةَ كقُوَّةِ تَجاذُبٍ بينَ الكُتَل. أمّا نَظَرِيّاتُ أَيْنشتَيْن فتَنُصُّ على أنَّ الكُتَلَ تُحَرِّفُ هَنْدسةَ الفَضاءِ حوْلَها.



نَظرِيَّتا النِّسْبيَّة، اللتان بَسطَهُما الفيزيائيُّ الأمريكيُّ، ألبِرْت أَيْنشتَيْن (1879 – 1955)، تُعَلِّلانِ مُلاحظاتٍ عِلْمَي الفَلَك والفيزياء التي تتحَدَّى قوانين نيوتُن.



مَجالُ جاذبيَّةِ الأرض يَجْذِبُ هذه السيَّارةَ الهابطةَ نُزُولًا. والسيَّارةُ أيضًا تَجْذِبُ الأرضَ صُعُدًا؛ لكِنَّ تاثيرَ جَذْبِها هذا أصغَرُ من أنْ يُقاس.

التَّسارُعُ الناشِئُ عن جاذبيَّةِ الأرض يُساوي 9,8 مِتْر في الثانية في الثانية (9,8 م/ث²) – يَعْني خِلالَ ثانيةٍ واحدة، تَزْدادُ سُرْعَةُ جِسْمٍ يسقُط سُقُوطًا حُرًّا بِمِقدارِ 9,8 متر في الثانية. التَّسارُعُ الذي سببُه الجاذبيَّةُ الأرضيَّةُ لا يَعْتَمِدُ على الكُتْلة – فبِدُون مُقاوَمةِ الهواء، تَسارُعُ نِصْفُ الآجُرَّةِ الساقطِ سُقوطًا حُرًّا لا يَخْتلِفُ عن تَسارُعِ الآجُرَّةِ الكاملة.

الكُتَلُ كُلُّها يَجْذِبُ بَعْضُها بَعْضًا؛ وهذا التجاذُب يُسَمَّى قُوَّةَ الجاذِبِيَّة. تعتَمِدُ شِدَّةُ قُوَّةِ التجاذُب بين جسمَيْن طرديًّا على كُتْلَتَيْهما وعكسيًّا على مُرَبَّعِ المَسافة بينهما. فبِمُضاعفةِ إحدى الكُتلتَيْن تَتَضاعَفُ قُوَّةُ الجذبِ بينهما؛ وبِمُضاعفة كلا الكُتْلتَيْن تَتَضاعفُ قُوَّةُ الجذبِ بينهما أربعَ مرَّات. وبالمُقابِل فإنَّا إذا ضاعفنا المَسافةَ بين الجِسمَيْن فإنَّ قُوَّةَ الجَذب بينهما تنقُص إلى الرُّبع حيثُ إنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّةِ بينَ الجِسْمَيْن تَتناسَبُ عَكْسيًّا مع مُرَبَّعِ المَسافة بينهما.

قُوَّةُ الجاذبيَّةِ بين جِسْمَيْن تُسْتَبان بسُهولةٍ فقط عندما تكونُ كُتلةُ أحدِ الجِسْمَيْن أو كِلَيْهما عظيمةَ المقدار. فقُوَّةُ الجَذْب بين شَخْصَيْن، يَبْعُد الواحدُ منهُما عن الآخر مِترًا لا تتجاوَزُ قُرابةَ جُزْءٍ من مليون من النيوتُن فلا يَشْعُران بها. لكِنْ يَشْعرُ كُلٌّ منهُما بقُوَّةِ جاذبيَّة الأرض له، حيث إنَّ كُتْلتَها تبلُغُ 6×10^{24} كيلوغرام.

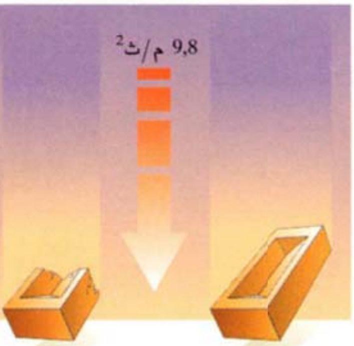
الجاذبيَّةُ والكُتْلةُ والوَزْن

في مُسْتوى سَطْحِ البَحْر، يُجْذَبُ الجِسْمُ الذي كُتْلتُه كيلوغرام واحد إلى الأرض بقُوَّةٍ تُساوي 9,8 نيوتُن؛ وهذا الجَذْبُ هو وَزْنُ الجِسْم. كُتْلةُ القَمَر تُساوي سُدْسَ كُتْلةِ الأرض تقريبًا، لذا فإنَّ كتلةَ كيلوغرام واحد تَزِنُ على سَطْحِ القَمَر سُدْسَ وَزْنِها على سَطْحِ الأرض.

من المُهِمّ إدراكُ الفَرْقِ بين الكُتْلةِ والوَزْن. فكُتْلةُ الجِسْم هي قِياسٌ لكمِّيَّةِ المادَّة فيه؛ وهي لا تَتَغَيَّرُ من مَكانٍ لآخَر. أمّا وَزْنُ الجِسْم فهو القُوَّةُ التي تُشَدُّ بها كُتْلَتُه في مَجالٍ تجاذُبِيّ. وهذه تَتَغَيَّرُ تبَعًا لِشِدَّةِ مَجالِ الجاذبيَّة.

التَّسارُعُ والسُّقُوطُ الحُرّ

قُوَّةُ الجاذبيَّةِ على كُتْلةِ كيلوغرامٍ واحدٍ تُساوي 9,8 نيوتُن؛ وقُوَّتُها على كُتْلةِ كيلوغرامَيْن تُساوي 19,6 نيوتُن. تَطْبيقًا لقانون نيوتُن الثاني، فإنَّ كِلا الكُتْلتَيْن سَتَتسارَعُ بِمُعدَّل 9,8 م



يَتَسارعُ نِصْفُ الآجُرَّةِ الساقطُ سُقوطًا حُرًّا نحو الأرض بالمُعَدَّلِ نَفْسِه كالآجُرَّةِ الكاملة – لأنَّ نِصْفَ الجَذْب في هذه الحال يُؤَثِّر في نِصْفِ الكُتْلة.

في الثانية في الثانية إذا كانت الجاذبيَّةُ هي القُوَّةَ المُؤَثِّرةَ الوَحيدة. في الواقع، إنَّ أيَّ كُتْلةٍ تَتَسارَعُ بمِثْل هذا المُعَدَّل، لأنَّ قوَّةَ الجاذبيَّة تَتزايَدُ بِنِسْبةِ تَزايُدِ الكُتْلة

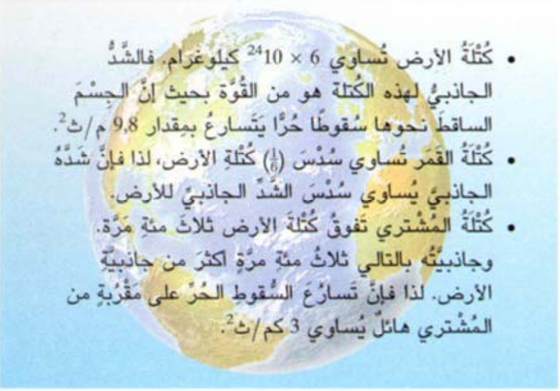
$$\left(\text{قُوَّة الجاذبيَّة} = \frac{\text{كتلة الأرض} \times \text{كتلة الجسم} \times \text{ج}}{(\text{البُعد بين الجسم ومركز الأرض})^2}\right).$$

وقيمةُ الثابت «ج» تُساوي 9,8 م/ث². وهو يُسْتَخْدَمُ في احتِسابِ تأثيراتِ الجاذبيَّة.

السُّقُوطُ الحُرُّ هو عندما يَهْبِطُ الجِسْمُ بتأثيرِ قُوَّةِ الجاذبيَّة الأرضيَّة وَحْدَها. والسقوطُ الحُرُّ نادِرٌ على سَطْحِ الأرض، لأنَّ مُقاوَمةَ الهواء تُضادُّ شَدَّ الجاذبيَّة على الجِسْمِ السَّاقط. وهذا يُعلِّلُ سببَ سُقوطِ الرِّيشةِ الأبطأ من سُقوطِ الحَجَرِ في جَوِّ الأرض.

حالةُ انعِدامِ الوَزْن

يكونُ الجِسْمُ عديمَ الوَزْنِ فِعْلًا عندما يتواجَدُ في مَجالٍ جاذبيٍّ صِفْريّ. هنالك مجالٌ نُقْطيٌّ بينَ الأرض والقَمَر



- كُتْلَةُ الأرض تُساوي 6×10^{24} كيلوغرام. فالشَّدُّ الجاذبيُّ لهذه الكُتلة هو من القُوَّة بحيث إنَّ الجِسْمَ الساقطَ نحوها سُقوطًا حُرًّا يَتَسارعُ بمِقدار 9,8 م/ث².
- كُتْلَةُ القَمَر تُساوي سُدْسَ ($\frac{1}{6}$) كُتْلةِ الأرض، لذا فإنَّ شَدَّهُ الجاذبيَّ يُساوي سُدْسَ الشَّدِّ الجاذبيِّ للأرض.
- كُتْلَةُ المُشْتري تَفوقُ كُتْلةَ الأرض ثلاثَ مئةِ مَرَّة. وجاذبيَّتُه بالتالي ثلاثُ مئةِ مرَّةٍ اكثرَ من جاذبيَّةِ الأرض. لذا فإنَّ تَسارُعَ السُّقوطِ الحُرِّ على مَقْرُبةٍ من المُشْتري هائلٌ يُساوي 3 كم/ث².

شَدُّ جاذبيَّةِ أيِّ كَوْكبٍ يَتناسَبُ طَرْديًّا مع كُتْلتِه. لذا فإنَّ مُعدَّلَ تَسارُع السُّقوطِ الحُرِّ نحو الكوكب يَتناسَبُ طَرْديًّا مع كُتْلتِه.



حيثُ يُلْغي المَجالُ الجاذبيُّ للأرض المجالَ الجاذبيَّ للقَمَر، فتَغْدو الأَجْسامُ في تِلكَ النِّقاطِ عديمةَ الوَزْن.

كُلُّ مَرْكبةٍ فَضائيَّةٍ دائرةٍ في مَدارِها تَتسارَعُ نحو مَرْكزِ هذا المَدار في حالةِ انعِدام الوَزْن. ويُمكِنُ الإحساسُ بهذه الظاهرة على مدًى أقربَ من الأرض في طائرةٍ تَنْسابُ في مُنْحَنٍ مُكافِئيٍّ بِتَسارُعٍ هابطيٍّ مِقْدارُه «ج». ويُمكِنُ اختِبارُ شيءٍ أَلْطَفَ مَثيلٍ للظاهرةِ نَفْسِها عندما تَتسارَعُ عَرَبةُ السِّكَّة الحديديَّة في مَدينةِ المَلاهي في هَبْطةٍ حادَّة.

نيوتُن والجاذِبيَّة

عامَ 1687، نَشَرَ إسحٰق نيوتُن قانونًا للجاذبيَّة يَرْبِطُ قُوَّةَ الجاذبيَّة بين جِسْمَيْن طرديًّا بِكُتْلَتَيْهما وعَكْسيًّا بِمُرَبَّع المَسافةِ بينهما. وانطوى هذا القانونُ على ثابت ج، المُسَمَّى ثابتَ الجاذبيَّة العامّ.

$$\left(\text{قُوَّة الجاذبيَّة} = \frac{\text{كتلة الأرض} \times \text{كتلة الجسم} \times \text{ج}}{(\text{البُعد بين الجسم ومركز الأرض})^2}\right).$$

ولا يَزالُ قانونُ نيوتُن للجاذبيّة هذا مُسْتَخْدَمًا حتَّى اليوم للتَنَبُّؤ بتأثير الجاذبيَّةِ في الأَجْسام، لكنَّه يُخْفِقُ في تَعليلِ طَبيعةِ عَمَل الجاذبيَّة كما لماذا للثابت ج هذه القيمة.

أَينشتَيْن والنِّسْبيَّة

في نَظريَّتِه النِّسْبيَّةِ الخاصَّة عام 1905، أعلنَ أَلبِرْت أَينشتَيْن أنَّ لا شيءَ – ولا حتَّى المَعْلومات – يُمكِنُ أنْ يَنْطلِقَ بِسُرعةٍ تَفوقُ سُرعةَ الضوء. فأثارَ ذلك الإعلانُ مُشكلةً مع مَنْظور نيوتن للجاذبيَّة الذي يَفْتَرِضُ تبادُلَ الأَجْسام بعضَ أنواعِ المَعْلومات بِسُرعةٍ لا مُتَناهيةٍ حتَّى تَتجاذبَ بَعْضُها مع بعض.

وبَعْدَ عَشْرِ سَنوات، تَوصَّلَ أَينشتَيْن إلى حَلٍّ لهذه المُشْكلة في نَظريَّتِهِ النِّسْبِيَّةِ العامَّةِ التي ارتأى فيها أنَّ المادَّةَ تُحْدِثُ تَحَرُّفًا في الحَيِّز الذي يُحيطُ بها. وهذا أشبَهُ بِهَزْمةٍ (هَبْطةٍ) تُحْدِثُها كُلَّةٌ عندما تُوضَعُ فوقَ صَفْحةٍ مَطاطيَّةٍ مُنْبَسِطة. ففي هذا الحَيِّز المُحَرَّفِ تكونُ المَسافةُ الأَقْصَرُ بينَ نُقْطتَيْن مُنْحَنًى قوسيًّا. وهذا يُعَلِّلُ استِطاعةَ الكَوكبِ حَنْيَ مَسارِ جِسْمٍ عابرٍ أو حتَّى إبقاءَه في مَدارِه – فيكون الجِسْمُ بِبَساطةٍ يُتابعُ خطًّا مُسْتَقيمًا عَبْرَ الفَضاءِ المُحَرَّفِ بوُجودِ الكوكب.

ولم يَمْضِ طويلُ وَقْتٍ حتَّى أتى إثباتٌ لِنَظريَّةِ أَينشتَيْن العامَّة من كُسوفٍ كُلِّيٍّ للشَّمْس عامَ 1919. فقد شاهدَ الفلكيُّون نُجومًا كان يُفْتَرَضُ أنْ تَحْجُبَها الشَّمْس، فبَرْهَنَ ذلك أنَّ الضوءَ من تِلكَ النُّجوم اتَّبع في مَسارِه تَقَوُّسَ الفَضاءِ الذي سَبَّبَتْهُ كُتْلةُ الشَّمْس. وحيثُ إنَّ الضوءَ عديمُ الكُتْلة، فإنَّ قانونَ نيوتُن للجاذبيَّة ما كان لِيَسْتطيعَ التنَبُّؤَ بتأثُّرِ مَسارِ الضَّوء بالجاذبيَّة.



► المَرْكبةُ الفَضائيَّةُ في مَدارِها حوْلَ الأرض تَتسارَعُ باستِمْرار نحو الأرض بتأثيرِ شَدِّ الجاذبيَّة. وشاغِلو المَرْكبةِ يَشْعرون بانعِدامِ الوَزْن لأنَّهم في وَضْعٍ شَبيهٍ بالسُّقوطِ الحُرّ.



رائدُ الفَضاء، الذي تعوَّدَتْ عَضَلاتُه على شَدِّ الجاذبيَّة الأرضيَّةِ الأقوى بكثيرٍ من شَدِّ جاذبيَّة القَمَر، يَجِدُ أنَّه بِجُهْدٍ ضئيلٍ نِسْبيًّا يَسْتطيعُ القَفْزَ عاليًا فوقَ سَطْحِ القَمَر.



▲ النِّسْبيَّةُ تَصِفُ الجاذبيَّةَ كَتَحَرُّفٍ للفَضاء، المُبَيَّن هنا كهَزْماتٍ (هَبْطاتٍ) في شَبَكة. ورُغْمَ أنَّ الشَّمْسَ أثقَلُ من الأرض بكثير، فإنَّها تُحْدِثُ هَزْمةً (أو هَبْطةً) طَفيفةً (إلى اليَسار) بالمُقارنةِ مع النَّجْم النيوتْرونيِّ الأَصْغر – لكن الأعظم كُتْلةً (في الوَسَط)، أو مع الثُّقْبِ الأَسْودِ الهائلِ الكُتْلة (إلى اليَمين).



► غَوَّاصُو الجَوِّ يَخْضعون لِتَسارُعِ الجاذبيَّة الكامل لَحَظاتٍ فقط بعْدَ قَفْزِهم من الطائرة. ومع تَزايُدِ سُرعةِ هبُوطِهم تَزْدادُ قُوَّةُ مُقاوَمةِ الهواء صُعُدًا حتَّى تُصْبِحَ مُساويةً، لكنْ مُضادَّةً، لِشَدِّ الجاذبيَّةِ نُزُولًا. بعدئذٍ تَبْقَى سُرْعَةُ الهبُوطِ ثابتةً في ما يُقاربُ 60 مترًا في الثانية.

أُنْظُر أيضًا
حالاتُ المادَّة ص 156 – 157
المكانُ والزَّمانُ والنِّسْبيَّة ص 430 – 431

السُّطوحُ المَائلَةُ والأَسافين

المكِناتُ نَبائطُ تجعَلُ الشُّغْلَ أيْسَرَ على القُوّة. السُّطوحُ المَائلَةُ والأَسافينُ هي أمثلةٌ على مَكِناتٍ بَسيطةٍ يُطَبَّق فيها مبدأ السُّطوح المَائلة.



جُهْدٌ صاعِدٌ على سَطْحٍ مائل

جُهْدٌ يُبْذَل عموديًا

دَفْعُ جِمْلٍ إلى أعلى سَطْحٍ مَائلٍ مَلِسٍ يتطَلَّبُ جُهْدًا اقَلَّ منَ الجُهْدِ اللّازمِ لِرَفْعِ الجِسْمِ نَفْسِه مُباشَرةً إلى الارتفاعِ العَموديِّ نَفْسِه.

تَبْذُلُ المَكِناتُ شُغْلًا عندما تُحَرِّكُ الأَحْمال. فالحِمْلُ يتحَرَّكُ عندما تُسَلَّط قُوّةٌ، تُسَمّى الجُهْد، على جُزْءٍ من المَكِنة. تحريكُ حِمْلٍ بمُساعدة مَكِنةٍ يتطَلَّبُ جُهْدًا أقَلَّ منه بِدُونها. عِلْمًا أنَّ مُجْمَلَ كمِّيَّةِ الشُّغْلِ المَبْذولِ مُتَساوٍ في الحالين – سَواءٌ استُخْدِمَتْ مَكِنةٌ أم لا.

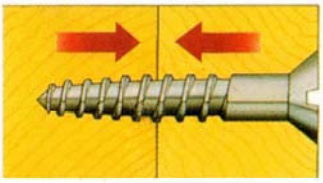
السُّطوحُ المَائلة

السُّطوحُ المائلةُ (أو المعابر المُنْحَدِرة) هي الأَبْسَطُ بين جميعِ المَكِنات. وهي تتألَّفُ من سَطْحٍ مُسَطَّحٍ يُرْفَعُ أحدُ طرَفَيْه لِيُشَكِّلَ سَطْحًا أو مَعْبرًا مائلًا – مِثالُ ذلك لَوحٌ خَشَبيٌّ أحدُ طرَفَيْه مُرْتكِزٌ على الأرض والطرَفُ الآخَرُ مَرْفوعٌ على كُرْسيّ. الجُهْدُ المَبْذولُ لِدَفْعِ حِمْلٍ صُعُدًا على سَطْحٍ مائلٍ أقَلُّ من الجُهْدِ اللازم لِرَفْعِه مُباشَرةً إلى الارتفاع نَفْسِه.



الأَسافين

الإِسْفينُ أداةٌ ذاتُ سَطْحَيْنِ مائلَيْنِ مُتَّصِلَيْن ظَهْرًا لِظَهْر، يُشَكِّلُ التِقاؤهما الجُزْءَ الأَضْيقَ من الإسْفين. تُسْتَخْدَمُ الأسافينُ في فَلْقِ الأشياءِ الخَشَبيّةِ أو الحَجَريّة. فعندما يُسَلَّطُ جُهْدُ مِطْرقةٍ ثَقيلةٍ على قاعدةِ الإسفين المُسَطَّحة، يُوَجِّه الإسفينُ هذه القُوّةَ نحو الخارج بزوايا قائمة (90°) على سَطْحَيْه المائلَيْن. ويَتَّخِذُ الطرَفُ الضيِّقُ للإسْفين مسارَه إلى داخلِ الجِسْم فالِقًا إيّاه أكثرَ فأكثرَ مع كُلِّ خَبْطة حتّى يَفْلِقَه إلى قِسْمَيْن. الفأسُ هي مِطْرقةٌ وإسْفينٌ مُنضمّان في أداةٍ واحدة.



قُوَّتان مُتَضادَّتان

عندما يَضُمُّ المسمارُ المُلولبُ (البُرغي) قِطْعتَي الخَشَب معًا، فهُما تُشَدّان بفِعْلِ حَزْقِ البُرغي.

البَراغي (المَساميرُ المُلَولَبة)

البَراغي نبائطُ بَسيطةٌ تَشُدُّ الأشياءَ معًا. يتألَّفُ البُرغي من سَطْحٍ مائلٍ، يُسَمّى سِنَّ اللَّولَب، مُلَفَّف حوْلَ أُسْطُوانةٍ مُسْتدِقَّةِ الطَّرَف. يُسَلَّطُ الجُهْدُ على البُرغي باستِخْدامِ مِفَكٍّ لِبَرْمِ رأسِه. إنَّ تَدْويرَ رأسِ البُرغي عَبْرَ زاويةٍ كبيرةٍ يُحرِّكُ طرَفَه المُسْتَدِقَّ إلى الأَمام مسافةً قَصيرة.

البراغي ذاتُ الصواميل شَبيهةٌ بالبَراغي المِسْماريّة، لكنّها لَيْسَتْ مُسْتَدِقَّةَ الأَطْراف. تَسْنينُ هذه البراغي في سَطْحِها الخارجيِّ، يَتَلافَقُ تمامًا مع التَّسنينِ الدّاخليِّ لِصَمُولةِ الشَّدّ. بعضُ البراغي تُضاعِفُ القُوَّةَ التَّدْويريَّةَ إلى قُرابةِ 40 ضِعفًا عندما تُشَدُّ صواميلُها.

الفائدةُ الآليَّة

عندما يُسَلَّطُ الجُهْدُ على جُزْءٍ من المكِنة، يُسَلِّطُ جُزْءٌ آخَرُ من المكِنةِ قُوَّةً على الحِمْل. فمُعظَمُ المَكِناتِ تُحَوِّلُ الجُهْدَ القليلَ إلى قُوَّةٍ كبيرةٍ تُسَلَّطُ على الحِمْل. لكنَّ المَسافةَ التي يَقْطَعُها الجُهْدُ تفوقُ المَدى الذي يتحَرَّكُه الحِمْلُ.

الفائدةُ الآليَّةُ للمَكِنة هي النِّسْبَةُ بينَ القُوَّةِ المُسَلَّطةِ على الحِمْل وبينَ قُوَّةِ الجُهْد. وبِتَعاظُمِ الفائدةِ الآليَّة تَزْدادُ إفادةُ المَكِنةِ في مُضاعَفةِ الجُهْد. لكِنَّ إجماليَّ الطاقة (من حَرارةٍ وشُغْلٍ) المُنْتَجَ من المكِنة يُساوي إجماليَّ الشُّغْلِ المَبْذول في المَكِنة.



المُنْحَنياتُ الحادَّةُ في هذه الطريقِ المُتَمَعِّجةِ تُتيحُ صُعُودًا بِدَرَجاتِ مَيْلٍ أقَلَّ جِدَّةً (وبالتالي أسهَلَ) مِمّا لو كانت الطريقُ مُسْتَقيمةً صُعُدًا. فمَسْلَكُ الطريقِ المُتعَرِّج اطولُ بكثيرٍ مِمّا لو كانت الطريقُ مُستقيمةً، لكِنَّ صُعودَه أسهلُ وأيسَرُ للسيّاراتِ والشّاحنات.



قُوَّةٌ مُسَلَّطة إلى أسفلَ عموديًا

قُوَّةٌ تُؤثِّر جانبيًا

▲ الإسْفينُ يُحَوِّلُ القُوَّةَ المُسَلَّطَةَ إلى أسفل من خَبْطةِ المِطْرقة إلى قُوَّتَيْن جانبيَّتَيْن مُتَضادَّتَيْن تُستَخْدَمان هنا في فَلْقِ جِذْعٍ من الشَّجَر او كُتْلةٍ من الصَّخْر.

أُنْظُر أيضًا

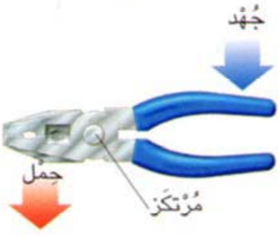
القُوَى ص 290 – 291
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295
المَكِناتُ المُعَقَّدة ص 304 – 305

الرَّوافِعُ والبَكَرات

الرَّوافِعُ والبَكَراتُ مَكِناتٌ بَسيطة. فالرَّافعةُ هي تركيبةٌ من قَضيبٍ ومُرْتكَز، أو مِحْوَرِ ارتِكاز. والبَكَرةُ تتألَّفُ من حَبْلٍ يُلَفَّفُ حوْلَ دُولابٍ واحدٍ أو أكثَر.

رافِعةٌ من النَّوع الأوَّل





الزَّرَديَّاتُ أزواجٌ من رَوافِعِ النَّوعِ الأوَّل. المُرْتكَزُ (مِحْوَرُ الارتكاز) يتواجَدُ بين الحِمْل (في الفَكَّيْن) وبينَ المِقْبَضَيْن، حيثُ يُسَلَّطُ الجُهْد.

الجُهْدُ المُسَلَّطُ على جُزْءٍ من الرَّافعة يُحدِثُ قُوَّةً على الحِمْلِ في جُزْءٍ آخر. والرَّوافِعُ قد تُؤثِّر كَمُضاعِفاتٍ للقُوَّة – فالقُوَّةُ التي تُحرِّكُ الحِمْلَ يُمكِنُ أنْ تكونَ أكبرَ بكثيرٍ من الجُهْدِ المُسَلَّطِ على الرَّافعة. فمَثلًا، الذِّراعُ الفِلِزيَّةُ (المَعدنيَّة) الطويلةُ الرَّفيعةُ، المُسَمَّاةُ المُخْل، يُمكِنُ أن تعمَلَ كرافِعةٍ تُحَرِّكُ جَلاميدَ صَخْريَّةً ضَخْمةً أثقَلَ من أنْ تُحَرَّكَ دُونَ مُساعدةٍ آليَّة.

كذلك يُمكِنُ تَشْغيلُ بَكَرتَيْن أو أكثرَ معًا لِتُضاعِفَ قُوَّةَ الجُهْد. البَكَراتُ المُتعدِّدةُ لا تُضخِّم القُوَّةَ فحَسْب، بَلْ أيضًا تُغَيِّرُ اتِّجاهَ الجُهْدِ المُسَلَّطِ على أحدِ طرَفَي الحَبْل.

الرَّوافِع

تدورُ الرَّافِعةُ حوْلَ نُقْطةٍ ثابتةٍ تُسَمَّى المُرْتكَز. ويُؤثِّر بُعْدَا الحِمْلِ والجُهْد عن المُرْتكَز في مَدى قُدْرةِ الرَّافعةِ على مُضاعَفةِ القُوَّة. ويُمكِنُ استِخْدامُ قِطعةِ نَقْدٍ مَعْدنيَّةٍ كرافِعةٍ لِنَزْعِ غِطاءِ عُلْبةِ دِهان؛ وذلك بحَشْرِ جُزْءٍ حافِّيٍّ من القِطعةِ النَّقديَّةِ تحتَ الغِطاء، واستِخْدامِ حِتارِ العُلْبةِ كمُرْتكَز. فبِالكَبْس نُزُولًا على حافَّةِ قِطعةِ النَّقْدِ الطليقةِ يُفْتَحُ غِطاءُ العُلْبةِ عادةً. أمَّا إذا كان غِطاءُ العُلْبةِ ألْصَقَ وأعْسَرَ من أنْ يُفتَحَ بِقِطعةِ النَّقْد، فإنَّ مِقْبَضَ مِلْعَقةٍ سَيَفي بالغَرَضِ حيثُ يُؤثِّر الجُهْدُ بَعيدًا عن المُرْتكَز. فبِتَحرُّكِ طَرَفِ المِلْعقةِ السَّائبِ مَسافةً أطولَ تُسَلَّطُ على طَرَفِ المِلْعَقةِ تحتَ شَفَةِ الغِطاء قُوَّةٌ أعظَمُ.

بَكَراتٌ مُفْردة

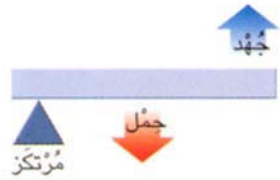
البَكَرةُ دولابٌ يَدورُ على مِحْور. وحوْلَ حِتارِ البَكَرة تُوجَدُ حُذَّةٌ تضُمُّ الحَبْل. الشَّدُّ على أحدِ طرَفَي الحَبْلِ يُحَرِّكُ حِمْلًا مُعَلَّقًا أو مَرْبوطًا بالطرَفِ الآخر. عندَ استِخْدامِ بَكَرةٍ مُفْردة، قُوَّةُ شَدِّ الحِمْل تُساوي الجُهْدَ المُسَلَّطَ على الحَبْل. فالبَكَرةُ المُفردةُ لا تُضاعِفُ الجُهْدَ، بَلْ هي تُغَيِّرُ اتِّجاهَ القُوَّةِ المُحَرِّكةِ للحِمْل دونَ فائدةٍ آليَّة.

بَكَراتٌ مُتعَدِّدة

عندما تعمَلُ بَكَرتان معًا، تُربَطُ إحداهُما بدِعامٍ ثابتٍ عالٍ، كجائزٍ أو عارِضةٍ مثلًا، وتُوصَلُ الأُخرى بالحِمْل. ثُمَّ يُوصَلُ أحدُ طَرَفَي الحَبْلِ بالبَكَرةِ الثابتة؛ ويُمَرَّرُ تحتَ بَكَرةِ الحِمْل وفوقَ البَكَرةِ الثابتة. الشَّدُّ على طرَفِ الحَبْل السائبِ هذا يُوفِّر الجُهْدَ المُستخْدَمَ لِرَفْعِ الحِمْل.

إنَّ استِخْدامَ بَكَرتَيْن بهذا النَّسَق يُنصِّفُ الجُهْدَ اللَّازِمَ لِرَفْعِ الحِمْل، بحيثُ إنَّهُ بجُهْدِ 100 نيوتُن يُمكِنُ رَفْعُ حِمْلٍ ثِقْلُه 200 نيوتُن. فتكونُ الفائدةُ الآليَّةُ لِمَنْظومةِ هاتين البَكَرتَيْن 2. يَعْني إذا تحَرَّكَ الحِمْلُ مترًا واحدًا، فإنَّ الجُهْدَ يتحَرَّكُ مترَيْن. وبما أنَّ الشُّغْلَ المَبْذولَ هو حاصِلُ ضَرْبِ القُوَّةِ في المَسافة، فإنَّ الشُّغْلَ المَبْذولَ في البَكَرة (100 × 2 = 200 جُول) يُساوي الشُّغْلَ المَبْذولَ على الحِمْل (200 × 1 = 200 جول). إجمالًا، الفائدةُ الآليَّةُ لِمَنْظومةِ عَددٍ من البَكَراتِ تُساوي عددَ البَكَراتِ التي يَمُرّ فوقَها الحَبْل.

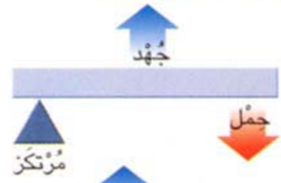
رافِعةٌ من النَّوع الثاني





عَرَبةُ اليَد مَثَلٌ على رافِعةٍ من النَّوعِ الثاني. الحِمْلُ يتواجَدُ بينَ الجُهْد والمُرْتكَز.

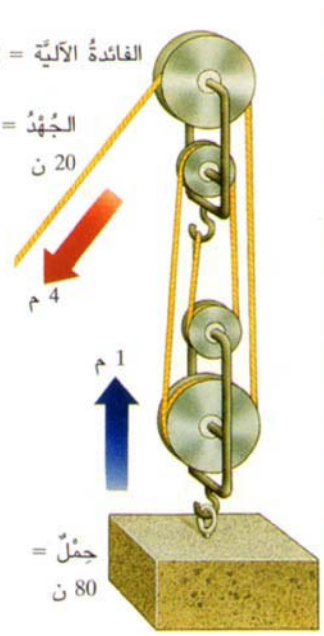
رافِعةٌ من النَّوع الثالث





▲ الذِّراعُ الأماميَّةُ لِحَفَّارةٍ آليَّةٍ هي مَثَلٌ على رافِعةٍ من النَّوعِ الثالث. الجُهْدُ من مِكْبَسٍ هَيْدروليّ يُؤثِّرُ بين المُرْتكَزِ والحِمْل.





الأربعُ بَكَراتِ العامِلَةُ معًا تُضاعِفُ الجُهْدَ أربعَ مرَّات. والمَسافةُ التي يَقْطَعُها الجُهْدُ تُساوي أربعَ مرَّاتِ المسافةَ التي يَقْطَعُها الحِمْل. المَرافِعُ (ج. مِرفاع) ومَكِناتٌ أُخرى تَسْتَخْدِمُ مَنْظوماتٍ من البَكَرات والكبُولِ أو السَّلاسلِ لِرَفْعِ أحمالٍ ثَقيلةٍ جدًا.

اُنْظُر أيضًا

القُوى ص 290 - 291
الطاقةُ الكامِنةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293
المَكِناتُ المُعَقَّدة ص 304 – 305

الدواليبُ (العَجلات) والجُزوع (المحاوِر)

الدواليبُ مَكِناتٌ بَسيطةٌ. الدولابُ أُسْطوانةٌ تَحمِلُ الأثقالَ وتَدورُ حوْلَ جُزْعٍ (مِحْوَرٍ) قَضيبيِّ الشَّكْلِ مُعامِدٍ لِمَرْكزِ سَطْحِها الدائريّ.

لعَلَّ الدولابَ هو الاختِراعُ المُفْرَدُ الأهَمُّ في تاريخِ النَّقْلِيّات. فقَبْلَ اختراعِه، منذُ حوالى 6000 سنة، كانت الأَحْمالُ تُجَرُّ فوقَ سَطْحِ الأرضِ على مَزالِج. ومَعلومٌ أنَّ قُوى الاحتِكاك عظيمةٌ بين زَحّافاتِ المَزالِج وسَطْحِ الأرض. أمّا الدَّواليبُ فتَدورُ حوْلَ جُزُوعِها، والاحتِكاكُ أقَلُّ بكثيرٍ، فيُمكِنُ تحريكُ الحِمْلِ بقُوَّةٍ أقَلَّ بكثير.

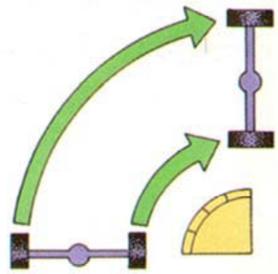


دواليبُ السيّاراتِ المُزَوَّدةُ بإطاراتٍ مُعبّأةٍ بالغازِ المَضغوط هي المُرادفاتُ الحديثةُ لِدَحاريجِ جُذوعِ الأشْجار التي استُخْدِمَتْ مُنْذُ آلافِ السِّنين.

الدَّواليبُ البِدائيَّة

الخُطْوةُ الأُولى نحو اختِراعِ الدُّولاب كانت استِخْدامَ دَحاريجَ من جُذُوعِ الشَّجَرِ لِنَقْلِ الأَحْمالِ الثقيلة. الدَّحاريجُ تُخفِّضُ الاحتِكاكَ بالدَّورانِ مع تحَرُّكِ الحِمْلِ فوقَها. وكان يَنْبَغي جَمْعُ الدَّحاريجِ البَسيطةِ من خَلْفِ الحِمْلِ لِتُوضَعَ أمامَه بعْدَ كُلِّ تَقدُّمٍ إلى الأَمام.

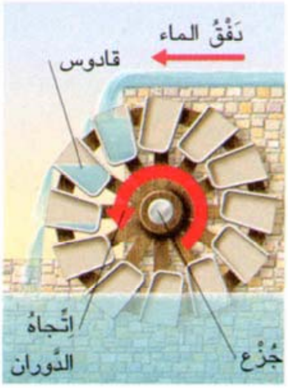
ولعَلَّ أوَّلَ الدواليب كانت قُطاعاتٍ من طَرَفِ جِذْعِ شَجَرةٍ مُسْتَدير. فيما استُخْدِمَ غُصْنٌ مُسْتَقيمٌ مُسْتَديرٌ كجُزْعٍ مِحْوريٍّ تَمَّ لَفْقُ طرَفَيه في ثَقْبَيْن نُقِرا في مَرْكزَيْ قُرْصَيْن خَشَبيَّيْن. والعَرَباتُ التي استَخْدَمَتْ أزواجًا من الدَّواليب على جُزُوعٍ في بلادِ ما بين النَّهرين - العِراق الآن - منذُ حوالى 5500 سنة - لعَلَّها طُوِّرَتْ من دولابِ الخزّافين. فقد كان الوِعاءُ الطينيُّ الطَّرِيُّ فوقَه يُدارُ على الدُّولابِ الأعلى.



عندَ الدَّوران حوْلَ مُنْعَطف، يَقْطَعُ الدُّولابُ في الجِهَةِ الداخليَّةِ من المُنْعَطفِ مَسافةً أقْصَرَ من المَسافةِ التي يَقْطَعُها الدولابُ في الجِهَةِ الخارجيَّة. لذا تُستَخْدَمُ وُصلاتٌ تَفاضُليَّةُ المَدى تُتيحُ لِلدولابَيْن الانعِطافَ بِسُرْعَتَيْن مُتَبايِنَتَيْن.

تطَوُّراتٌ لاحِقَة

العَرَباتُ الأُولى لِنَقْلِ الأحمالِ الثقيلة كانَتْ تُجَهَّزُ بدواليبَ صُلْبَةٍ مُصْمَتَة. ثُمَّ منذُ 4000 سنة أتاحَت العُدَدُ الحديديَّةُ للنجّارينَ في مِصْرَ وبلادِ ما بينَ النَّهْرين تشكيلَ قِطَعٍ خَشَبيَّةٍ كَبَرامِقَ للدواليبِ تَصِلُ الحِتارَ بالقَبِّ (صُرَّة الدولاب). هذا النَّوعُ من الدواليب يتألَّفُ من حِتارٍ خَشَبيٍّ دائريٍّ تَصِلُه البَرامِقُ بِقَبِّ الدَّورانِ المَرْكزيّ - صُرَّة الدولاب. الدواليبُ المُبَرمَقةُ أخفُّ من الدواليبِ الكُتْليَّةِ المُصْمَتَة، وقد يَسَّر ذلك ظهُورَ المَرْكباتِ الخفيفةِ السَّريعةِ التي تَجُرُّها الخيول. وقد جَرتِ العادةُ منْذُ أيّامِ الرُّومان، على إحاطةِ الدولاب المُبَرمَقِ بطَوقٍ حَديديٍّ يُسَمَّى الإطار. وقد ساعدَتْ هذه الإطاراتُ في مُقاومةِ البِلَى والتأكُّل، لكِنَّها لم تُحَسِّنْ نَوعيَّةَ الرُّكْبَة. أمّا الإطاراتُ النفحيَّةُ المُعبَّأةُ بالهواء المَضغوط والمُستَخْدَمة اليومَ في السَّيّاراتِ والدرّاجات فتُساعِد في تلطيفِ الارتجاجِ وتُوَفِّرُ رُكْبَةً أسْلَس. وقد سُجِّلتْ براءةُ اختِراعِ هذه الدواليبِ أوّلًا عامَ 1845.



الدُّولابُ والجُزْع يَعْمَلانِ معًا كرافِعَةٍ دَوّارة. وتُعَزِّزُ قُوَّةُ الماءِ السّاقِطِ على حِتارِ السّانِيَةِ بالقواديسِ لِتُعْطِيَ قُوَّةً تَدْويريَّةً أعظمَ عِنْدَ الجُزْع.

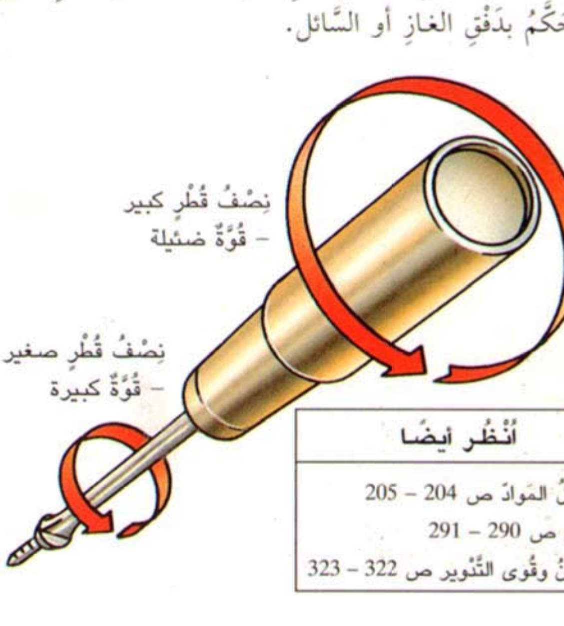
الدَّواليبُ كرَوافِعَ دَوّارة

مَنْظومةُ الدُّولابِ والجُزْعِ هي شَكْلٌ من الرَّوافِعِ الدوّارة. فإذا دُوِّرَ الدولابُ بفِعْلِ قُوَّةٍ على حافَّتِه، فإنَّ القُوَّةَ عِند حافَّةِ الجُزْعِ تكونُ أعظَم بكثير.

فعَزْمُ الدَّوران، أو قُوَّةُ التدوير، تُقاس بحاصِلِ ضَرْبِ القُوَّةِ في البُعْدِ بين نُقْطةِ تأثيرِ القُوَّة وبين مَرْكزِ الدُّولاب. وهذا يُعَلِّلُ مُساعَدةَ عَجَلةِ القِيادةِ الكبيرةِ في جَعْلِ قيادةِ السَّيّارةِ أيْسَرَ - فالقُوَّةُ التي تُديرُ العَجَلةَ تُسَلَّطُ على بُعْدٍ أكثَرَ من بُعْدِ مَرْكزِها. وقد جُهِّزَت السُّفُنُ القديمةُ بعَجَلاتِ قيادةٍ أكبَرَ لِتَدْويرِ دَفَّتِها ضِدَّ قُوَّةِ الماءِ الجاري. ويُشَغِّلُ بعضُ الصِّماماتِ بتَدْويرِ دُولابٍ كبيرٍ على عَمودِ إدارةٍ مُسَنَّنٍ رفيعٍ يَتحَكَّمُ بدَفْقِ الغازِ أو السّائل.



▶ شَفَراتُ الدَّحاريجِ الأُسْطُوانيَّةِ مُجَهَّزةٌ بعِدَّةِ دواليبَ مُفْردةٍ مُتراصَّةٍ في صَفٍّ واحد. هذه الدواليبُ مُصَنَّعةٌ من لَدائنَ عاليةِ المَتانة. والانطِلاقُ بها قُدُمًا يَتطلَّبُ فِعْلًا مَثيلًا لما يَقومُ به المُتزلِّجونَ على الجَليد.



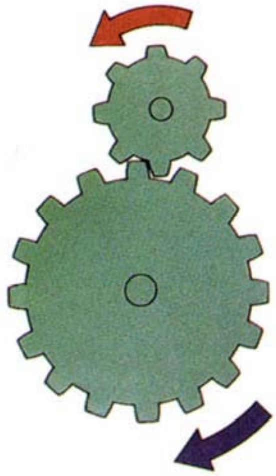
◀ القُطْرُ الكبيرُ لِمِقْبَضِ مِفَكِّ البراغي يُتيحُ لَه إنتاجَ عَزْمِ دَورانٍ كافٍ لِتَحْريكِ أشَدِّ للبَراغي حَزْقًا أو فَكًّا.

أُنْظُر أيضًا

تَشْكيلُ المَوادّ ص 204 - 205
القُوى ص 290 - 291
التوازُنُ وقُوى التَّدْوير ص 322 - 323

أَرْتالُ المُسَنَّنات

رَتَلُ المُسَنَّناتِ (التُّروس) يتألَّفُ من دُولابَيْن مُسَنَّنَيْن (تُرْسَيْن) أو أكثرَ تتعشَّقُ أَسْنانُها معًا. وهو يَنْقُلُ عَزْمَ الدَّوران من مكانٍ إلى آخر، ويُمكِنُه تغْييرُ سُرْعةِ الدَّوران.



تُرْسٌ ذو 8 أسنانٍ مُعَشَّقٌ بتُرْسٍ ذي 16 سِنًّا. تدويرُ التُّرْسِ الأصْغر يجعَلُ التُّرْسَ الأكبرَ يَدورُ بضِعفِ قُوَّةِ التدوير وبنِصْفِ السُّرْعة.



▲ التُّروسُ المُعَشَّقةُ يُمكِنُها تَغْييرُ اتِّجاهِ الدَّوران أو سُرْعتِه أو قُوَّتِه. وأرتالُ التُّروس (المُسَنَّنات) المُختلِفةُ تُغَيِّرُ مِحْورَ الدَّوران بطرائقَ مُختلِفة.

التُّرْسُ دولابٌ ذو أسنانٍ تَبْرُزُ من سَطْحِه. ويتألَّفُ رَتَلُ التُّروسِ من تُرْسَيْن مُعَشَّقَيْن أو أكثر. ويُمكِنُه تَغْييرُ اتِّجاهِ الدَّوران وسُرعتِه وعَزْمِه من عمودِ دَخْلٍ إلى عمودِ خَرْج.

سُرْعةُ الدَّوَران

يَدورُ التُّرْسان المُعَشَّقانِ في اتِّجاهَيْن مُتَضادَّيْن. وتُقاسُ سُرْعةُ الدَّوران عادةً بالدَّورةِ في الدقيقة (د.ني د. p.p.m.) فالتُّرْسُ الذي يَدورُ دَورةً كامِلةً في الثانية، تكون سُرْعةُ دَورانِه 60 د. في د.

تعتَمِدُ السُّرْعةُ النِّسْبيَّةُ لِتُرْسَيْنِ مُعَشَّقَيْن على نِسْبَةِ عددِ الأَسْنانِ في التُّرْسَيْن. فهُما يَدُوران بالسُّرعةِ نَفْسِها إذا كان عددُ الأَسْنانِ مُتساويًا في كِلَيْهما. أمّا إذا كان عددُ الأسنان مُتبايِنًا، فالتُّرْسُ ذو عددِ الأسْنانِ الأقَلِّ يَدورُ أسرَعَ من التُّرْسِ ذي عددِ الأَسْنانِ الأكثر. فإذا كان عَددا الأَسْنان في تُرسَيْن مثلًا، 8 وَ 16، فالنِّسْبَةُ التُّرْسِيَّةُ لهما هي 2:1، والسُّرْعيَّةُ 1:2. وإذا كانت سُرْعةُ دَوران التُّرْسِ الأصغر 50 د. في د، فسُرْعةُ دَوران التُّرْسِ الأكبَر 25 د. في د.

قُوَّةُ التَّدْوير

التُّرْسُ تَوليفةٌ من دُولابٍ ورَوافِع - باعتِبارِ أنَّ كُلَّ سِنٍّ تعمَلُ

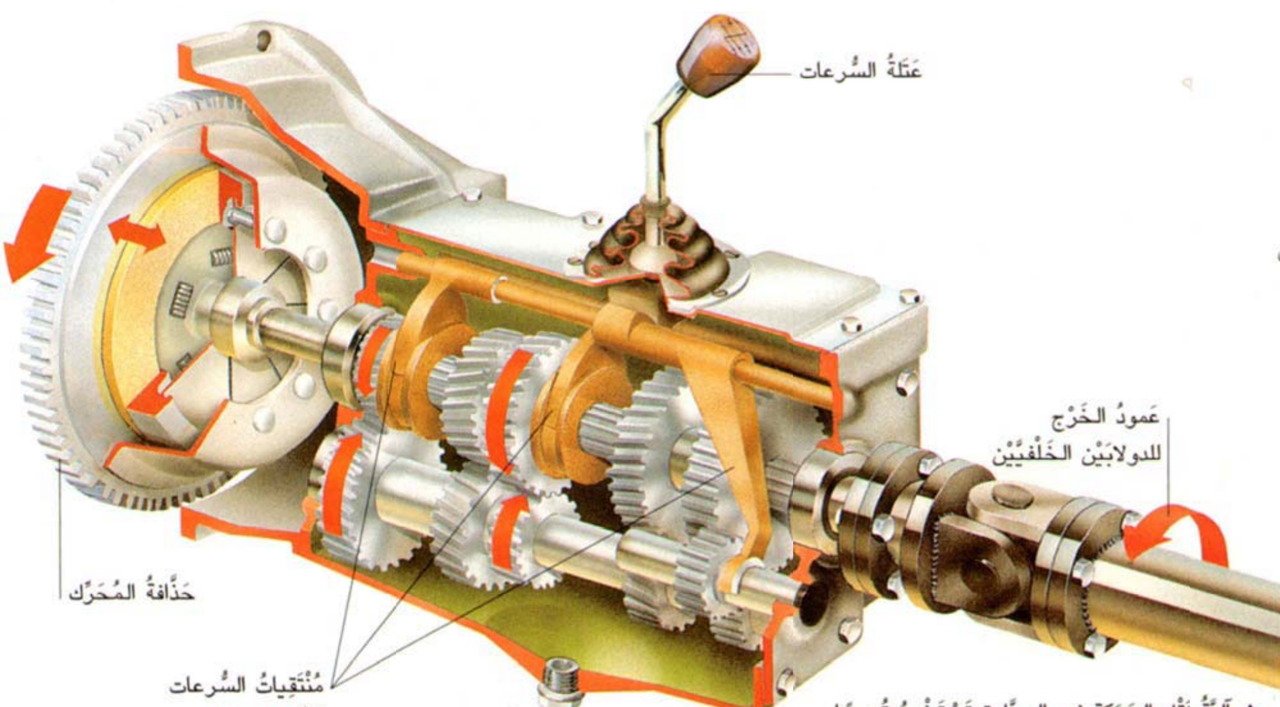


سِلْسِلةٌ قابِلةٌ للانثِناء تُوصِّل بينَ تُروسِ الدرَّاجة. وتتحَرَّكُ السِّلْسِلةُ بين تُروسٍ مُخْتلِفة الحَجْمِ لِتَغْييرِ النِّسَبِ التُّرْسِيَّة تلاؤمًا مع مَمالِ الطريق.

كأنَّها رافِعةٌ مُتَّصِلةٌ بِمَرْكَزِ الدُّولاب. في رَتَلِ المُسَنَّنات، تَبذُلُ الأسنانُ على التُّرسِ المُتَّصِل بعَمودِ الدَّخْلِ فَعّاليَّةً رافِعيَّةً على تُرْسٍ آخَر. فعندما يُديرُ تُرْسٌ صغيرٌ تُرْسًا أكبرَ مِنه، تحصُلُ فائدةٌ آليَّةٌ. فالتُّرسُ الأكبَرُ يَدورُ بعَزْمِ دَورانٍ أزيدَ من التُّرسِ الأصغَر، لكِنْ بُبُطْءٍ أكثرَ.

المُسَنَّناتُ التُّرْسِيَّةُ والسَّلاسِل

بعضُ المكناتِ مُجهَّزٌ بتُروسٍ مُتَّصِلةٍ بِسِلْسِلةٍ كما الدرَّاجات. وتَتَلافَقُ أسنانُ التُّروسِ في شُقوبٍ خُدِّيَّةٍ في السِّلْسِلة؛ وتَدورُ التُّروسُ في الاِتِّجاهِ نَفْسِه. وكما في التروسِ المُعَشَّقةِ معًا، فإنَّ التغْييرَ في السُّرْعةِ وفي جُهْدِ التَّدْوير يعتَمِدان على عَدَدِ الأسنان في كُلِّ تُرس.



▲ آليَّةُ نَقْلِ الحَرَكة في السيَّارة تَسْتَخْدِمُ تُروسًا لِمُساوَقةِ سُرْعةِ وعَزْمِ دَوران المُحَرِّك مع الحِمْل. فالصُعودُ التَّلِّيُّ يتطلَّبُ عَزْمَ دَوران عاليًا بِسُرْعةٍ خفيضة. والتَّطْوافُ التجواليُّ بِسُرعاتٍ عاليَةٍ يتطلَّبُ دَورانًا أسرَعَ وعَزْمَ دَورانٍ أقَلّ.

اُنْظُر أيضًا

القُوى ص 290 – 291
الشُّغْلُ والطاقة ص 294 – 295
المَكِناتُ المُعَقَّدة ص 304 – 305

المَكِناتُ المُعَقَّدة

المَكِناتُ المُعَقَّدةُ مَنْظوماتٌ مؤتلِفةٌ من مَكِناتٍ بَسيطةٍ تَشْمَلُ السُّطوحَ المائلةَ، والأَسافينَ، والتُّروسَ، والدَّواليبَ والجُزُوعِ، والبَكَرات.

أنواعُ المكِناتِ البَسيطةِ الثلاثةُ، التي تُسَمَّى أيضًا مَكِناتٍ أوَّلِيَّةً، هي السُّطوحُ المائلةُ (التي تشمَلُ المُنحدراتِ والبَراغي والأسافينَ)، والرَّوافِعُ والدَّواليبُ (التي تشمَلُ مَنظومةَ الدُّولاب والجُزْع) والبَكَرات.

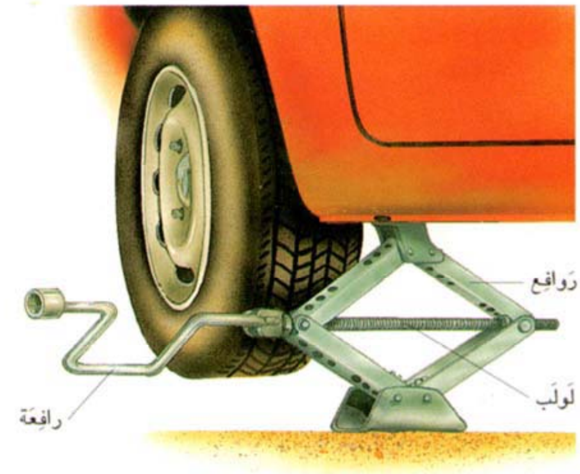
المكِناتُ المُعَقَّدةُ مَنْظوماتٌ مؤتَلِفة من مَكِنتَيْنِ بَسيطتَيْنِ أو أكثرَ تعمَلُ معًا. فالمِقَصُّ مثلًا، تَوليفةٌ من رافِعتَيْنِ مُشْترَكتَي المُرْتكَزِ مع سَطْحَيْن مائلَيْن – هما نَصْلا المِقَصّ.

عَصْرُ المَكِنات

حتَّى منذُ قُرابَةِ 2000 سنة، كانت القُدْرةُ البَشَريَّةُ أو الحيَوانيَّةُ هي مَصْدرُ الطاقةِ الرئيسيُّ لِتَشْغيلِ المكِنات. ثُمَّ طَوَّر الرُّومانُ السَّواني (النواعير) لِتَزْويدِ المَناشيرِ والطواحينِ بالقُدْرةِ المائيَّةِ لَنشْرِ الأَخْشابِ وطَحْنِ الحُبوب. وتاليًا، حوالى القَرْنِ السابعِ الميلاديّ، طَوَّرَ الفُرْسُ الطواحينَ الهوائيَّةَ لِطَحْنِ الحُبوب.

وبِتَطْويرِ المُحَرِّكِ البُخاريّ، أواسطَ القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، بدأت تباشيرُ الثَّورةِ الصِّناعيَّةِ وعَصْرِ المَكِنات. فشُيِّدت المَصانِعُ المُختلفةُ المُجهَّزةُ بِمَكِناتٍ لحِياكةِ الأَقْمشةِ وتَشْكيلِ الفلِزَّاتِ وتَصْنيعِ أصنافٍ شَتَّى للتَّسْويقِ والتِّجارة. وكانت كُلُّ مَكِنةٍ تَرْتَبِط بالمُحَرِّكِ البُخاريِّ عَبْرَ مَنْظومةٍ من الأَعْمِدةِ والبَكَراتِ والسُّيُورِ والتُّروس. أمَّا اليومَ فمُعْظَمُ مَكِناتِ المَصانِعِ الحديثةِ تُشَغَّلُ بواسطةِ مُحَرِّكاتِها الكَهْرَبائيَّةِ الخاصَّة.

لكِنْ مهما تعقَّدَت المكِناتُ، فإنَّها تَظَلُّ جميعاتٍ مُؤتلِفةً من مُختلِفِ أنواعِ السُّطوحِ المائلةِ والرَّوافِعِ والدَّواليب.



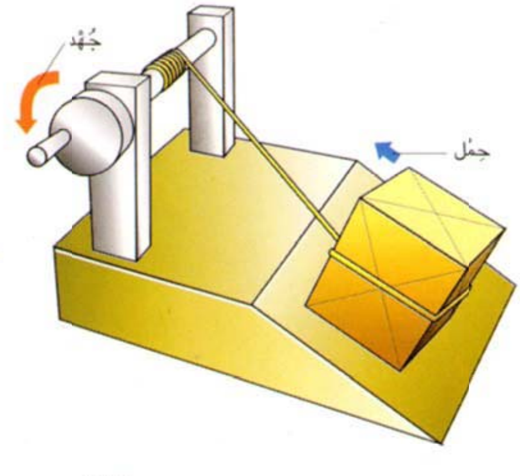
يتالَّفُ المِرْفاعُ المِقَصِّيُّ من أربعِ رَوافِعَ مُمَحْوَرةٍ عندَ أطرافِها. المِقْبَضُ واللَّولَبُ الدوّارُ يُشَغِّلان الرَّوافعَ لإنتاجِ فائدةٍ آليَّةٍ عالية.

مَكِناتٌ مُعَقَّدةٌ في المَنْزِل

تقريبًا يُمكِنُ تَصْنيفُ أيِّ شيءٍ في المَنْزِلِ مُجهَّزٍ بجُزْءٍ مُتحَرِّكٍ كمَكِنة. فمِقْبَضُ البابِ، مثلًا، يعمَلُ كرافِعةٍ تُديرُ جُزْعًا داخِلَ الباب. وهذا الجُزْعُ يُحَرِّكُ رافِعةً أُخرى تَشُدُّ مِزلاجَ الغَلقِ لإعتاقِ الباب.

المِرْفاعُ المِقَصِّيُّ نَبيطةٌ لِرَفْعِ السيَّارات. وهو مُجهَّزٌ بمِقْبَضٍ يعمَلُ كَرافِعةٍ تُديرُ جُزْعًا. والجُزْعُ بِدَورِه مُهَيَّأٌ بِتَسْنينٍ لَولبيٍّ على امتدادِ جُزْءٍ من طُولِه. فَبتدويرِ الجُزْعِ، يَشُدُّ اللَّولبُ صَمُولةً نحو المِقْبَضِ – داسِرًا أَذْرُعَ المِرْفاعِ لِتَتَقارَبَ رافِعةُ الحِمْلِ على المِرْفاع. وتَقْتَضي عمليَّةُ الرَّفْعِ تدويرَ المِقْبضِ عِدَّةَ دَوْراتٍ لِرَفْعِ الحِمْلِ مَسافةً ضئيلةً؛ لكِنْ بِجُهْدٍ قليل.



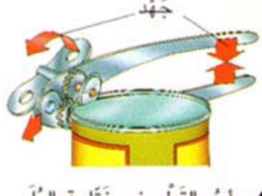




بِزالُ السِّداداتِ سَطْحٌ مائلٌ يَلْتَفُّ لَولَبيًّا حوْلَ أُسْطُوانة. بَرْمُ البِزالِ يَدْفَعُه داخِلَ السِّدادِ الفِلِّينيّ؛ ثُمَّ يُشَدُّ ذراعا الرافِعتَيْن سَفْلًا لِنَزْعِ السِّدادِ الفِلِّينيِّ من القِنِّينة.



يتالَّفُ المِقَصُّ من رافِعتَيْن مَوْصولتَيْنِ معًا بِمِسْمارٍ مُلَولب – هو مُرْتكَزُ الرَّافِعتَيْن. أمَّا حافَّتا القَطْعِ (نَصْلا المِقَصّ) فهُما سَطْحان مائلان.



▲ راسُ القَطْعِ في فَتَّاحةِ العُلَبِ المَعدنيَّةِ يعمَلُ كإسْفينٍ دائريٍّ مُرَكَّبٍ على دُولابٍ وجُزْعٍ؛ ويُدارُ الجُزْعُ برافِعة. أمَّا المِقْبَضانِ فهُما رافِعتانِ مُزْدَوِجتان تَقْبِضان العُلْبةَ فيما راسُ القَطْعِ يَقُصُّ الغِطاءَ.

◄ يتالَّفُ الوِنْشُ من دُولابٍ وجُزْعٍ مُرَكَّبَيْن على حامِلٍ ثابت. مِقْبَضُ الدُّولابِ يعمَلُ كرافِعةٍ تُديرُ الجُزْع. والحَبْلُ أو الكَبْلُ المَرْبوطُ بالجُزْعِ يَشُدُّ الحِمْل.



المُحَرِّكاتُ الكبَّاسيَّةُ والمَرْكَبات

المَكِناتُ المُتَنَقِّلَةُ تَحتاجُ إلى مَصادِرِ قُدْرةٍ مُحَرِّكَةٍ نَقُولَة. السيَّاراتُ والشَّاحِناتُ تَسْتَخْدِمُ مُحَرِّكاتٍ كبَّاسِيَّةً تَحْرِقُ وُقُدًا كالبِنْزين وزَيْتِ الدِّيزِل. مَزيجُ الوَقُودِ والهواءِ المُحْتَرِقُ يَتَمَدَّدُ فيُحَرِّكُ الكبَّاساتِ (المَكابِسَ) داخِلَ الأُسْطُوانات. وهذه الكبَّاساتُ تُديرُ العَمودَ المِرْفَقيَّ باستِمْرار، تمامًا كما تُحَرِّكُ قَدَما الدرَّاجِ دوَّاسَتَي الدرَّاجة. العَمودُ المِرْفَقيُّ، بِبَساطةٍ، هو مَجْموعةٌ من الرَّوافِعِ تُديرُ جُزْءًا. وأَرْتالُ تُروسِ نَقْلِ الحَرَكة تَعْمَلُ معًا، في تَوليفاتٍ مُخْتَلِفةٍ، لِتَغْييرِ السُّرْعةِ وجُهْدِ التَّدْويرِ في خَرْجِ المُحَرِّك لِيَتَساوقا مع الحِمْل.

▼ الكَرَّاءةُ ذاتُ القَواديس مَكِنةٌ تَسْحَلُ سطحَ الأرض بقَواديسِها المُسَنَّنة. والقَواديسُ مُثَبَّتةٌ حوْلَ جِتارِ دُولابٍ ضَخْمٍ يُسَيَّرُ آليًّا.



المُحَرِّكاتُ التُّرْبينيَّةُ والطَّائرات

المُحَرِّكاتُ التُّرْبينيَّةُ مُجَهَّزةٌ بمِئاتِ الأَرْياشِ المُزَوَّاةِ المَوصولةِ بعَمودِ تَدْويرٍ أو جُزْءٍ مَرْكَزيّ. الغازاتُ العاليةُ الضَّغْط، من الوُقُدِ المُحْتَرِقَةِ تَصْدِمُ الأَرْياشَ التي تعمَلُ كرَوافِعَ - فيما هي تُسَبِّبُ دورانَ العَمود.

في المُحَرِّكِ المِرْوحيِّ التُّرْبينيّ، يديرُ عمودُ التُّرْبين مِرْوحةً داسِرَةً، هي في الواقِعِ مَجْموعةٌ من الأسافين تَدْفَعُ الهواءَ إلى الخَلْف، فتَدفَعُ قُوَّةُ رَدِّ الفِعْل الطائرةَ إلى الأمام. وفي المُحَرِّكِ التُّرْبينيِّ المِرْوحِيّ، يُديرُ التُّرْبينُ ضاغِطًا قد يتألَّفُ من مئاتِ الأَرْياش. بعضُ الهواءِ من الضاغِط يُغَذِّي عمليَّةَ الاحتِراقِ التي تُديرُ التُّرْبين، بينما يتَجاوزُ مُعْظَمُ الهواءِ التُّرْبينَ ويُفْلِتُ من مُؤخَّرةِ المُحَرِّك، دافِعًا الطائرةَ قُدُمًا.



الأَرْياشُ الدوَّارة التي تَرْفَعُ الهليكوبْتَر هي سُطوحٌ مائلةٌ بَسيطة. والهواءُ المُكتَنِفُ يعمَلُ كحِمْلٍ تَدْفَعُه السُّطوحُ نُزُولًا. والهواءُ المُتَسارِعُ سَفْلًا يُحدِثُ قُوَّةَ رَدِّ فِعْلٍ صُعُدًا تَرْفَعُ الهليكوبْتَر إلى أعلى.

أَرْتالُ المُسَنَّناتِ في آلِيَّةِ الساعة تُديرُ العقارِبَ التي تُبَيِّنُ الوَقْت. وحيثُ إنَّ الدقيقةَ تُساوي 60 ثانيةً، فإنَّ نِسْبَةَ التَّعْشيقِ بينَ المُسَنَّناتِ التي تُوصِلُ عَقْرَبَ الثواني بعَقْرَبِ الدقائق = 1:60. وكذلك حيثُ إنَّ الساعةَ تُساوي 60 دقيقةً، فإنَّ نِسْبَةَ التَّعْشيقِ في المُسَنَّناتِ التي تُوصِلُ عَقْرَبَي الدقائقِ والسَّاعات تُساوي 1:60 أيضًا.

أُنْظُر أيضًا

مُحَرِّكاتُ البِنْزين والدِّيزل ص 224 – 225
المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ والتُّربيناتُ الغازيَّةُ ص 226 – 227
السُّطوحُ المائلةُ والأسافين ص 300
الرَّوافِعُ والبَكَرات ص 301
أَرْتالُ المُسَنَّنات ص 303

القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة

الديناميَّاتُ الحراريَّةُ هي دِراسةُ تَحْويلِ الطاقة أو تحوُّلها من شَكْلٍ إلى آخَر. والقانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة يَتعَلَّقُ بالإنْتروبيا (لا مُتاحيَّة الطاقة) - التي هي مِقْياسٌ لِكمِّيَّةِ النِّظام أو اللّانِظام في مَنظومة.

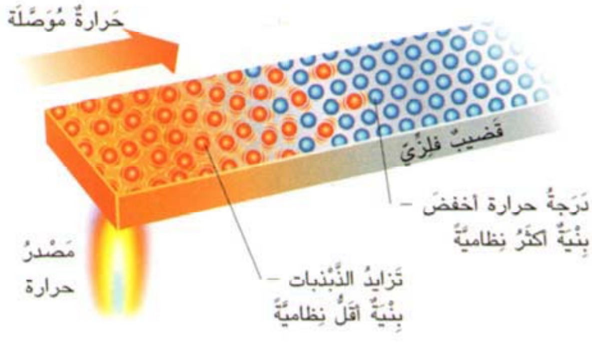


تَنْسابُ الحرارةُ من جِسْمٍ حارٍّ إلى جِسْمٍ أبرَدَ منه. فالقَهْوةُ السَّاخنةُ في الفِنجان تَبْرُدُ دائمًا بِفَقْدِ الحرارة إلى المُحيطِ المُكْتنِف. ولا يَحْدُثُ مُطْلقًا ان تَسْخُنَ القهوةُ باستِخْلاص الحرارةِ من المُحيطِ الأبْرَد.

يَبْدأُ القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة من المُلاحظاتِ اليوميَّةِ المَألوفةِ بأنَّ الأَجْسامَ الحارَّةَ تَبْرُدُ بِفَقْدِ حرارتِها. وهذا يَعْني أنَّ الحرارةَ تَنْسابُ تِلْقائيًّا، أو طبيعيًّا، من الأَجْسامِ الأسخَنِ إلى الأَجْسامِ الأَبْرد؛ ولا تَنْسابُ تِلْقائيًّا مُطْلَقًا من جِسْمٍ باردٍ إلى جِسْمٍ أسخَنَ منه. ويُعَلِّلُ القانونُ ذلك بأنَّ من طبيعةِ الحرارةِ أن تَنْتَشِر.

اِنسيابُ الحرارة

ما الذي يجعَلُ الحرارةَ تَنْسابُ من مَكانٍ حارٍّ إلى مَكانٍ أبرَدَ؟ النَّظريَّةُ الحَراكيَّةُ تَنُصُّ على أنَّ الطاقةَ الحراريَّةَ تَرْفَعُ درجةَ حرارةِ المادَّةِ فتَزيدُ طاقةَ حَرَكةِ جُسَيْماتِها - والجُسَيْماتُ أسرعُ حركةً وهي حارَّةٌ منها وهي بارِدَة. والحرارةُ تنتقِلُ عَبْرَ الجوامدِ بالتَّوصيل. فمَثلًا لو فَرَضْنا أنَّ كُتْلتَيْن فِلِزِّيَّتَيْن على دَرَجتَي حرارةٍ مُختلِفتَيْن وُضِعَتا مُتماسَّتَيْن واحِدَتُهما الأُخرى. فإنَّ جُسَيْماتِ الكُتلةِ الحارَّةِ الأسرَعَ حَرَكةً تَصْطَدم بجُسَيْماتِ الكُتْلةِ الأَبْردِ الأبطأ حَرَكةً. وهذه التصادُماتُ تَنْقُلُ الطاقةَ فتُسارِعُ الجُسَيْماتِ الأَبْطأَ وتُبَطِّئُ الجُسَيْماتِ الأَسْرَع. وفي نِهايةِ المَطاف يكونُ المُحْتوى الحراريُّ الإجماليُّ لِلكُتْلتَيْن قد انتَشَر بين جُزَيْئاتِهما بالتَّساوي، وتُصبِحُ درجةُ حرارتِهما مُتَساوِيَة.

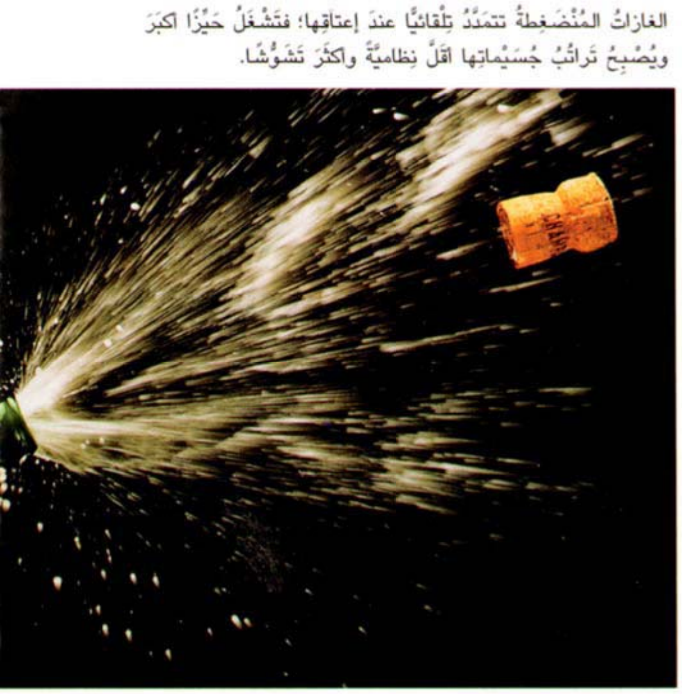


تَزدادُ الإنْتروبيا بانتِشارِ الحرارة. فمَعَ انتِشار الحرارة عَبْرَ قَضيبٍ فلِزِّيّ، تُصْبِحُ ذرَّاتُه اكثرَ لانظاميَّةً وتتذَبْذبُ بنَشاطٍ اشَدّ.

اِنسِيابُ الحرارة واللّانِظاميَّة

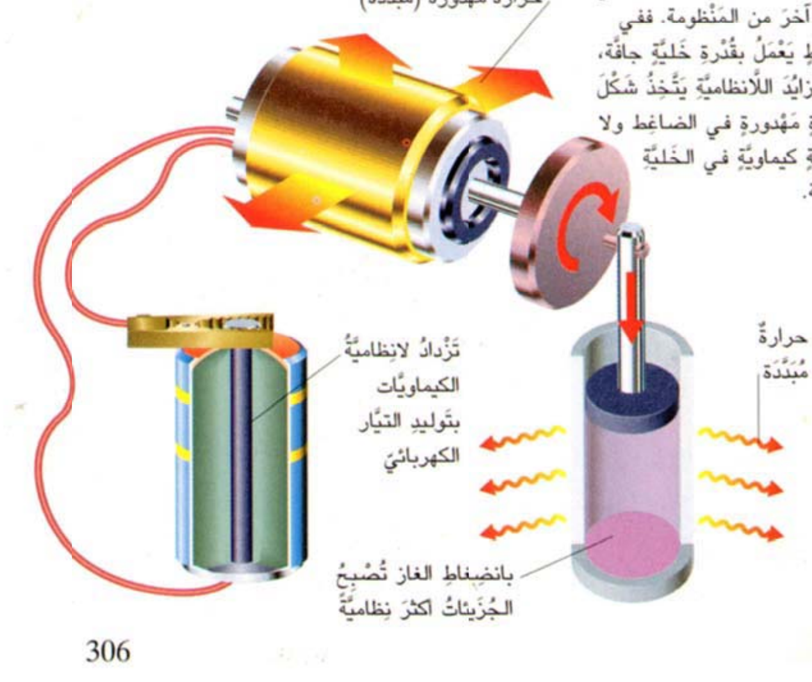
القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة يَعْتَبِرُ انسِيابَ الحرارة انتِشارًا للّانظاميَّة. فالمعلومُ أنَّ جُسَيْماتِ الجوامدِ مُرَتَّبةٌ في مَواقِعَ ثابتةٍ؛ وهي في جُسَيْماتِ البِلَّورات مُرَكَّزةٌ في نَسَقٍ تَرْتيبيٍّ مُنتَظِم يُسَمَّى شَبيكة. عندما يكونُ الجامِدُ بارِدًا، تَتذَبْذَبُ جُسَيْماتُه بِبُطْءٍ أكثرَ ممَّا تَتذَبْذبُ وهو في درجةِ حرارةٍ أعلى. لِذا فإنَّ بِنْيَةَ الجامدِ أكثرُ نِظاميَّةً على دَرَجاتِ الحرارة الأَخْفض؛ وتَزْدادُ اللّانِظاميَّةُ بارتِفاعِها - أي عندما تَمْتَصُّ المادَّةُ حرارةً، تَزْدادُ فيها اللّانِظاميَّة.

جُسَيْماتُ السَّائلِ تَتحَرَّكُ بِحُرِّيَّةٍ بعضُها عَبْرَ بعض. فهي في واقِعها أكثَرُ لا نِظاميَّةً من الجوامد. والغازاتُ بالتالي أكثَرُ لانِظاميَّةً من السَّوائل، لأنَّ جُسَيْماتِها أكثَرُ تباعُدًا وأكثَرُ حُرِّيَّةَ حَرَكةٍ.



الغازاتُ المُنْضَغِطةُ تتمَدَّدُ تِلْقائيًّا عندَ إعتاقِها؛ فتَشْغَلُ حَيِّزًا اكبَرَ ويُصْبِحُ تَراتُبُ جُسَيْماتِها اقَلَّ نِظاميَّةً واكثَرَ تَشَوُّشًا.

▼ يُصْبِحُ الغازُ اقَلَّ لانظاميَّةً بانضِغاطِه لانَّ جُسَيْماتِه تَشْغَلُ حَيِّزًا أصغَرَ؛ وتَغدو التَوليفاتُ المُمْكِنَةُ لِمَواقِعِ جُسَيْماتِه اقَلّ. وعندما يَغدو الغازُ اقَلَّ لانظاميَّةً، يُفْتَرَضُ تَواجُدُ لا نِظاميَّةٍ ازيَدَ في مكانٍ آخَرَ من المَنْظومة. ففي ضاغِطٍ يَعْمَلُ بقُدْرةِ خَليَّةٍ جافَّة، فإنَّ تزايُدَ اللّانظاميَّة يَتَّخِذُ شَكْلَ حرارةٍ مَهْدورةٍ في الضاغِطِ ولا نِظاميَّةٍ كيماويَّةٍ في الخَليَّةِ الجافَّة.





وَضْعُ غُرْفةِ اللَّعب لِهذا الطِّفْل يُبَيِّنُ أنَّ الإنْتروبيا فيها قد ازدادَتْ عمَّا كانَتْ عليه وهي مُرتَّبة. وكُلُّ مَن يُرتِّبُ الغُرفة سيَزيدُ من الإنْتروبيا على شَكْل حرارةٍ مُبَدَّدةٍ بشُغْلِه وكرُطوبةٍ وثاني أكسيد الكربون مَزْفورَيْن بعدَ تَفكُّكِ جُزَيئاتٍ عُضْويَّةٍ مُعَقَّدةٍ في الدَّم.

التجمُّدُ والانصِهار

عندما تَنْسابُ الحرارةُ من مَكانٍ حارٍّ إلى مَكانٍ باردٍ، يُرافِقُ هذا الانسِيابَ انتِشارُ اللَّانِظاميَّة. كُلُّ شيءٍ في الطبيعة يَنْزِعُ لأنْ يكونَ أكثرَ لانِظاميَّةً، ما لَمْ تُسْتَخْدَمْ طاقةٌ لِبَذْلِ شُغْلٍ يُخَلِّقُ فيه بِنًى مُنْتَظِمةً. فالجَليدُ يَبْدأُ بالانصِهار عندما يُنْقَلُ من المُجَمِّدةِ إلى غُرفةٍ دافئة. فتَزْدادُ اللَّانظاميَّةُ بانصِهارِ الجامِدِ إلى سائل. أمَّا تَجْميدُ الماءِ فيَسْتَخْدِمُ طاقةً كهربائيَّةً في المُجَمِّدةِ لِضَخِّ الحرارةِ من الماءِ وتَخْفيضِ دَرَجةِ الحرارة إلى ما دُون الصِّفرْ°س. الماءُ لا يَتجَمَّدُ تِلْقائيًّا في غُرفةٍ دافئةٍ لأنَّ هذا التغَيُّرَ يَنْطوي على إنقاصٍ تِلْقائيٍّ في اللَّانِظاميَّة.

الإنْتروبيا (لامُتاحِيَّةُ الطاقة)

تكونُ الجُسَيْماتُ في المَوادِّ أكثَرَ نِظاميَّةً، أو أقَلَّ لانِظاميَّةً، على دَرَجة حرارة −273,15°س. ودرجةُ الحرارة هذه، المُسَمَّاةُ الصِّفْرَ المُطْلَق، تُساوي دَرَجة الصِّفر ك (كِلْفن) على مِقياسِ كِلْفن لِدَرَجاتِ الحرارة. فالجُسَيْماتُ، على دَرَجةِ صِفْر ك، تَتَضَمَّنُ أدنى طاقةٍ حَرَكيَّةٍ مُمْكِنة.

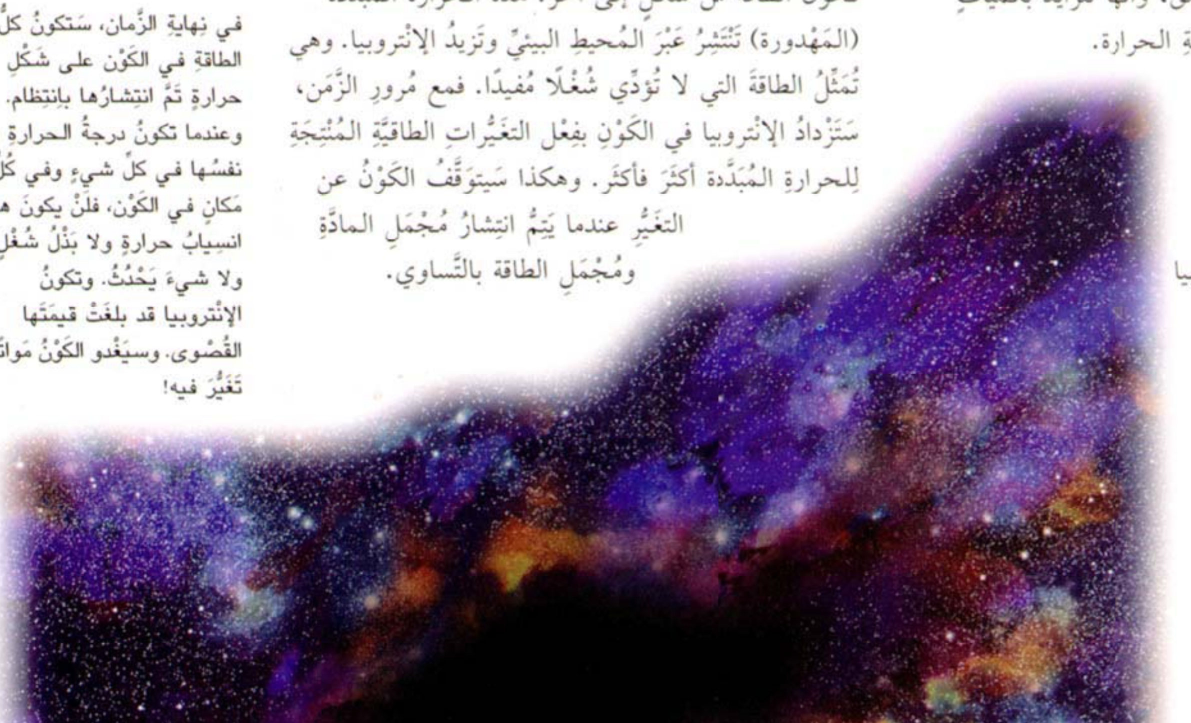
وقد ابْتَدَعَ العلماءُ كمِّيَّةً تُسَمَّى الإنْتروبيا لقِياسِ كمِّيَّةِ اللَّانِظاميَّةِ في المَوادّ. وهم يَفْترِضون أنَّ الإنْتروبيا تُساوي صِفْرًا على درجةِ الصِّفْرِ المُطْلَق، وأنَّها تَتزايَدُ بكمِّيَّاتٍ مُختلِفةٍ لِكُلِّ مادَّةٍ بارتِفاعِ درجةِ الحرارة.

على دَرَجةِ حرارةٍ مُعَيَّنة، إنْتروبيا الجُزَيئاتِ الكبيرةِ أخفَضُ من إنْتروبيا الجُزَيئاتِ الصغيرة، لأنَّ البِنَى فيها أكثَرُ تَعْقيدًا ونِظاميَّةً. وتَزْدادُ الإنْتروبيا كثيرًا عندما يَنْصَهِرُ الجامِدُ مُتَحَوِّلًا إلى سائلٍ أو يَغْلي السائلُ مُتَحَوِّلًا إلى غاز.

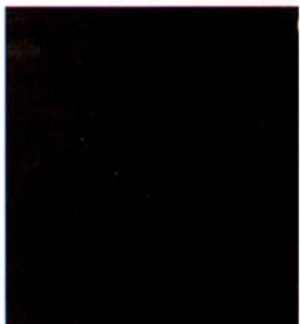
تغَيُّراتُ الإنْتروبيا

القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة يَنُصُّ على أنَّ كُلَّ تغَيُّراتِ الطاقةِ تُرافِقُها زياداتٌ في الإنْتروبيا. فمُعْظَمُ الوُقُدِ والمُغَذِّياتِ تتألَّفُ من جُزَيئاتٍ عُضْويَّةٍ مُعَقَّدة. وهي تَتَفاعَلُ مع الأُكسجين لِتَحرير الطاقةِ وإنتاجِ جُزَيئاتٍ أصغَرَ كالماءِ وثاني أكسيد الكربون. وتَفْكيكُ البِنَى الكبيرةِ إلى بِنًى أصغَرَ يَزيدُ الإنْتروبيا. كما إنَّ تَوليدَ الحرارةِ أيضًا يَزيدُ الإنْتروبيا.

المَكِناتُ والكائناتُ الحيَّةُ تُنْتِجُ حرارةً مُبَدَّدةً عندما تُحَوِّلُ الطاقةَ من شَكْلٍ إلى آخَر. هذه الحرارةُ المُبَدَّدةُ (المَهْدورة) تَنْتَشِرُ عَبْرَ المُحيطِ البيئيِّ وتَزيدُ الإنْتروبيا. وهي تُمَثِّلُ الطاقةَ التي لا تُؤدِّي شُغْلًا مُفيدًا. فمع مُرورِ الزَّمَن، سَتَزْدادُ الإنْتروبيا في الكَوْنِ بفِعْلِ التغَيُّراتِ الطاقيَّةِ المُنْتِجةِ لِلحرارةِ المُبَدَّدة أكثَرَ فأكثَر. وهكذا سَيَتوقَّفُ الكَوْنُ عن التغَيُّرِ عندما يَتِمُّ انتِشارُ مُجْمَلِ المادَّةِ ومُجْمَلِ الطاقة بالتَّساوي.



في نِهايةِ الزَّمان، سَتكونُ كلُّ الطاقةِ في الكَوْن على شَكْلِ حرارةٍ تَمَّ انتِشارُها بانتِظام. وعندما تكونُ درجةُ الحرارةِ هي نفسُها في كلِّ شيءٍ وفي كُلِّ مَكانٍ في الكَوْن، فلَنْ يكونَ هناك انسِيابُ حرارةٍ ولا بَذْلُ شُغْلٍ ولا شيءَ يَحْدُثُ. وتكونُ الإنْتروبيا قد بلغَتْ قيمَتَها القُصْوى. وسيَغْدو الكَوْنُ مَواتًا لا تَغَيُّرَ فيه!

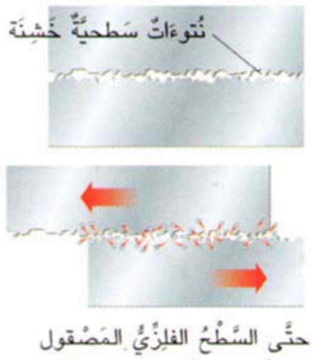


أُنْظُر أيضًا

حالاتُ المادَّة ص 156 – 157
إنتِقالُ الحرارة ص 250 – 251
النَّظريَّةُ الحَرَاكيَّة ص 256

الاحتِكاك

الاحتِكاكُ قُوَّةٌ تعمَلُ مُضادَّةً لِتحرُّكِ سَطْحَيْنِ مُتماسَّيْن. فالاحتِكاكُ، بِمُقاومَتِه للحَرَكة، يُحَوِّلُ طاقةَ الحَرَكةِ إلى طاقةٍ حراريَّة.



حتَّى السَّطْحُ الفلِزِّيُّ المَصْقول لا يَخْلو من نُتوءاتٍ سَطحيَّةٍ مِجْهريَّةٍ خَشِنة. فعندما يتَحَرَّكُ سَطْحانِ واحِدُهما فوقَ الآخَر، تَتَشابَكُ هذه النتوءاتُ بعضُها مع بعضٍ مُسَبِّبَةً الاحتِكاك.

عندما يَدْخُلُ مَكُّوكٌ فَضائيٌّ جَوَّ الأرض بِسُرعةٍ تَفوقُ 25 000 كيلومتر في السَّاعة، فإنَّ الاحتِكاكَ بِجُزَيْئاتِ الهواءِ يَكْبَحُ المَرْكبةَ رافِعًا دَرجةَ حرارةِ هَيكلِها السَّطحيِّ إلى حوالى 1500°س. فالاحتِكاكُ مُتواجِدٌ حَيْثُما كان؛ وبعضُ تأثيراتِه غَيْرُ مَرْغوبٍ فيها وبَعْضُها مُفيدٌ.

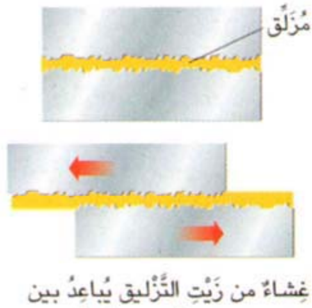
تأثيراتٌ مُفيدةٌ للاحتِكاك

يتحَرَّكُ البَشَرُ قُدُمًا بِدَفْعِ أقدامِهِم إلى الخَلْف. وبِدُونِ الاحتِكاك تكونُ الأرْضيَّاتُ والطرُقُ والأرْصِفَةُ أكثَرَ زَلَقِيَّةً من حَلْبةِ التزَلُّجِ على الجليد، فيقَعُ النَّاسُ ساقِطين أرْضًا عندَ مُحاولَتِهم المَشْيَ أو الرَّكْض؛ وستَعْمَلُ زَلَقِيَّةُ سُطوحِ الأشياءِ على استِحالةِ التِقاطِ تلكَ الأشياء.

الاحتِكاكُ الإستاتيّ (بَدْءًا من السُّكون)

إذا حاولَ شخصٌ دَفْعَ صُنْدوقةٍ مُعَبَّأةٍ على أَرْضيَّةِ الغُرْفة، فإنَّ القُوَّةَ التي تُقاوِمُ حَرَكةَ الصُّنْدوقة هي الاحتِكاك. وبتَزايُدِ قُوَّةِ الدَّفْع، يُتَوَصَّلُ إلى نُقْطةٍ تَبْدأ عنْدَها الصُّنْدوقةُ بالتحَرُّك. إنَّ القُوَّةَ التي تَسْبِقُ تحرُّكَ الصُّندوقةِ مُباشَرةً هي حَدُّ الاحتِكاكِ الإستاتيّ؛ الذي يعتَمِدُ على وَزْنِ الصُّندوقةِ ومُحتَوياتِها. فإذا تضاعفَ الوَزْنُ، يَتَضاعَفُ أيضًا حَدُّ الاحتِكاكِ الإستاتيّ.

كذلك يعتَمِدُ حَدُّ الاحتِكاكِ الإستاتيّ على مُواصَفاتِ سَطْحَي التَّماسّ – وهُما في هذه الحالِ صُنْدوقةُ الشَّحْن وأرضيَّةُ الغُرْفة.



غِشاءٌ من زَيْتِ التَّزْليق يُباعِدُ بين السَّطحَيْن الفلِزِّيَّيْن؛ فيَنْزَلِقُ واحِدُهما عَبْرَ الآخَرِ دُونَ تماسٍّ. وبذلك يُقَلِّلُ الاحتِكاكُ، ويَقِلُّ بالتالي ما تُوَلِّده الحَرَكةُ من الحرارة.



يُحْتَاجُ إلى كَمِّيَّةٍ كبيرةٍ من الاحتِكاك لإشْعالِ النَّار بِحَكِّ قِطْعَتَيْن من الخَشَب (الحَطَب) معًا.

الكيماويَّاتُ في رأسِ عُودِ الثِّقاب تَتطَلَّبُ فقطْ كَمِّيَّةً ضَئيلةً من حَرارة الاحتِكاكِ لِتَشْتَعِل.

إشْعالُ النَّار

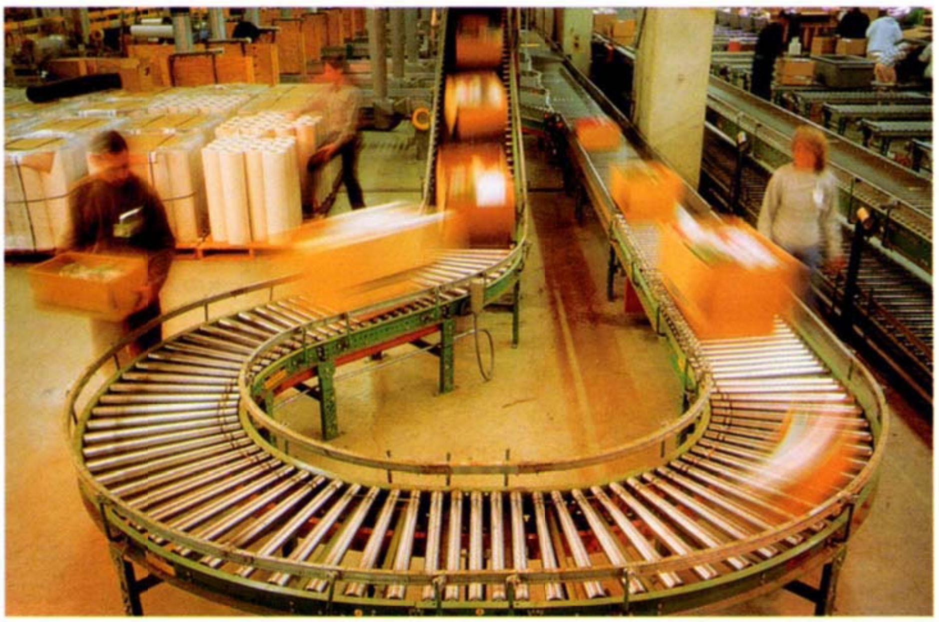
أَبْسَطُ الوسائلِ لإشْعالِ النَّار تعتَمِدُ على الاحتِكاك، وتتألَّفُ من عُودَيْن خَشَبِيَّيْن جافَّين؛ يُدَوَّمُ أحدهما بِسُرعةٍ يدويًّا أو بوَتَرٍ قَوسيّ فوقَ ثَقْبٍ في الآخَر. هذا الاحتِكاكُ (أو الحَكُّ) يَرْفَعُ درجةَ الحرارة إلى حوالى 300°س، حيثُ يَبْدأُ الخَشَبُ بالدُّخَن مُحْتَرِقًا بِبُطءٍ دونَ لَهَب.

عيدانُ الثِّقاب أيضًا تَستَخْدِمُ الاحتِكاك. فعندما يُحَكُّ رأسُ عودِ الثِّقاب على الشَّريحةِ الجانبيَّةِ لِعُلبَةِ الكبريت، يَرْفَعُ الاحتِكاكُ درجةَ الحرارة. هذه الحرارةُ تجعَلُ الكيماويَّاتِ في رأسِ عُودِ الثِّقاب وفي الشَّريحةِ تَتَفاعَلُ معًا. وبتَزايُد درجةِ الحرارة أكثَرَ، يَحْتَرِقُ رأسُ عودِ الثِّقاب في الهواء – فَيُشْعِلُ خَشَبَ العُود.

الانْزِلاقُ والدَّحْرَجة

يُشكِّلُ الاحتِكاكُ مُشكِلةً عِنْدَ تَحْريك الأحْمال. سالِفًا كانَ البَشَرُ الأوائلُ يَجرُّونَ الأحْمالَ على مَزالِجَ خشَبيَّةٍ. فكانت عارِضَتا قاعِ المِزْلَجةِ تُساعدان في دَعْمِ الأحمال. لكِنَّ كمِّيَّةَ الاحتِكاكِ ظَلَّتْ كبيرةً بين عارِضَتَي قاعِ المِزْلَجة وسَطْحِ الأرض عِنْدَ الحَرَكة.

ثُمَّ اكتشَفَ الناسُ لاحِقًا أنَّ الدَّحاريجَ المُدَوَّرَةَ تُيَسِّرُ نَقْلَ الأشياءِ الثقيلةِ، كالكُتَلِ الحَجَريَّة، أكثَرَ. فدَورانُ الدَّحاريج يُخَفِّضُ الاحتِكاكَ لأنَّ الحِمْلَ لا يَنْزَلِقُ بالتَّماسِّ مع سَطْحِ الأرض أثناءَ نَقْلِه. لكِنَّ علَّةَ الدحاريج كانت تَجاوُزَ المِزْلَجةِ لها خَلْفًا، وضرورةَ جَمْعِها ووَضْعِها أمامًا لِمُتابعةِ الجَرّ. ثُمَّ منذُ حوالى 5500 سنة، جَرى التغَلُّبُ على هٰذه العِلَّةِ باختِراعِ الدُّولابِ الدوَّارِ على جُزْع.

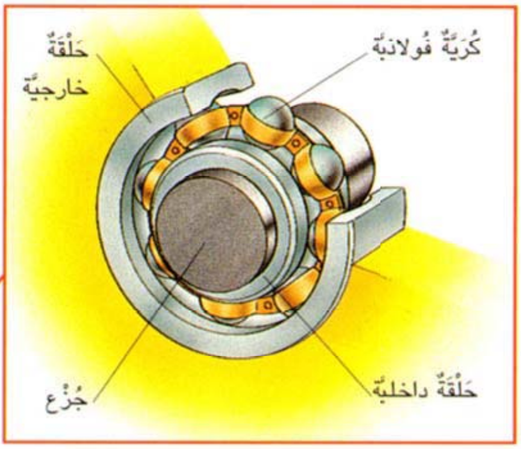


تَنْتَقِلُ الطُّرودُ الثَّقيلةُ بِيُسْرٍ نُزُولًا على المُنْحدرِ الوَئيد في هذا الناقِلِ الدُّحْروجيّ. فكُلُّ دُحْروجٍ مُثَبَّتٌ في مَوقِعِه ويَدورُ باحتِكاكٍ ضَئيلٍ أثناءَ مُرورِ الحِمْلِ عَبْرَه.

المَحامِل

المَحامِلُ نبائطُ تدعَمُ الأجزاءَ المُتحرِّكةَ فوقَها وتُمَكِّنُها من التحرُّك بقَدْرٍ أقلَّ من الاحتِكاك. وتُستَخْدَمُ المَحامِلُ في مُعْظمِ أنواعِ المَكِنات - بما فيها السيَّاراتُ والدرَّاجاتُ والمُحرِّكاتُ الكهربائيَّة والمَزالِجُ الدُّحْروجيَّة. بعضُ أنواعِ المَحامِلِ يَصِلُ العمودَ المُتحرِّكَ بِسِنادٍ ساكِن. وبعضُها يَصِلُ الأَجْسامَ الدوَّارة بأَعْمدةٍ ساكِنَة. وبدُونِ المَحامِل، يُبَطِّئُ الاحتِكاكُ، بين الجُزْءين المُتحرِّكين، حركةَ المكنةِ ويَهْدُرُ الطاقةَ كحرارةٍ مُبَدَّدةٍ، ويُعَرِّضُ السَّطْحَيْن المُتَماسَّيْن لِلْبِلَى والتأكُّلِ بِسُرعة.

يتألَّفُ المَحْمِلُ النَّمُوذَجيُّ من حَلْقتَيْن فلزِّيَّتَيْن داخليَّةٍ وخارجيَّةٍ. في مَحامِلِ الكُرَيَّات، تَدرجُ كُرَيَّاتٌ فولاذيَّةٌ في حُزُوزٍ بين الحلقَّتيْن. وفي المَحامِلِ الدُّحْروجيَّة، تدورُ أسْطُواناتٌ فولاذيَّةٌ بين الحلقتَيْن الداخليَّةِ والخارجيَّة. في المَحامِلِ العاليةِ النوعيَّة يُمكِنُ الدُّرُوجِ بِسَلاسَةٍ فائقة - بحَيْثُ إنَّ ما يُهْدَرُ بالاحتِكاك أقلُّ من واحدٍ في المئة من الطاقة المُسْتَهْلكَةِ في المَكِنة.





كُلُّ دُولابٍ في المِزْلَجة الدُّحْروجيَّة مَدْعومٌ بِمَحْمِل. الكُرَيَّاتُ الفولاذيَّةُ تَدْرُجُ داخلَ حُزُوزٍ مُقْتَطعةٍ في الحلقتَيْن الداخليَّةِ والخارجيَّة.

المُزَلِّقات

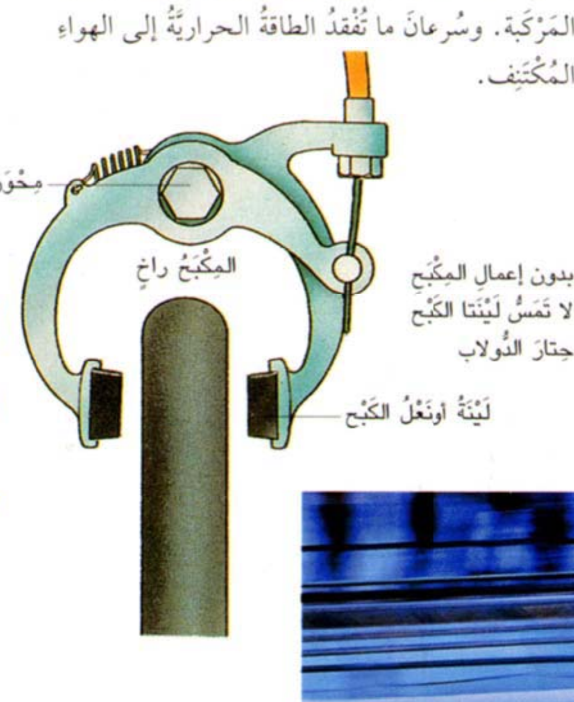
المُزَلِّقاتُ مَوائعُ تُباعِدُ قليلًا بين السَّطْحَيْنِ المُنْزَلِقَيْن لِتَخفيضِ الاحتِكاكِ بينهما. والزُّيوتُ المَعْدِنيَّةُ هي أكثَرُ مُزَلِّقاتِ المَكِنات شُيوعًا. مُحرِّكاتُ الاحتِراقِ الداخليِّ تحوي مِضَخَّاتٍ تُزَوِّدُ الكبَّاساتِ بزَيْتِ تَزْليقٍ أثناءَ تحرُّكِها انزِلاقًا داخِلَ الأُسْطُوانات. وتُزَوَّدُ المَحامِلُ داخلَ هذه المكِنات أيضًا بزيتِ التزليقِ باستِمرار.

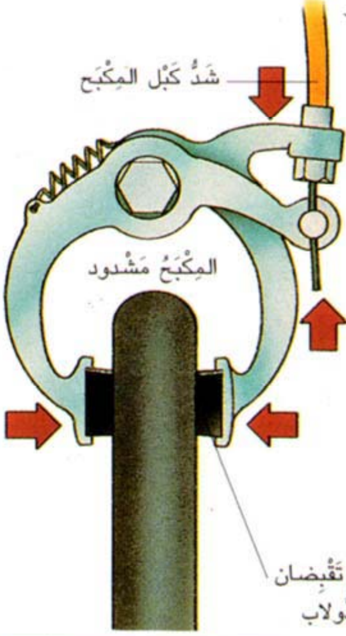
بعضُ المكِنات يَسْتَخْدِمُ هواءً عاليَ الضَّغْط لِتَزْليقِ المَحامِلِ الهوائيَّةِ الدَّاعمةِ لأعمدةٍ تَدورُ بِسُرعاتٍ عاليَةٍ جدًّا؛ وبَعْضُها الآخَرُ يَسْتَخْدِمُ الغرافيت كمُزَلِّقٍ جامِد.

التَّباطُؤ

تَسْتَخْدِمُ المَرْكَباتُ المَحامِلَ لِتقليلِ الاحتِكاك ومُساعدةِ تلكَ المَرْكباتِ على التحرُّكِ بكمِّيَّةِ الجُهْدِ الأدْنَى. الفرمَلَةُ (أو المكابِحُ) تُحدِثُ التَّقاصُرَ بزيادةِ قُوَّةِ الاحتِكاكِ على الدواليب. إعمالُ المَكابِح يَضْغَطُ لَيْنَةً أو نَعْلًا صَلْدًا - من مادَّةٍ مُقاوِمَةٍ للحرارة - على أُسْطُوانةٍ أو قُرْصٍ فُولاذيٍّ مُتَّصِلٍ بكُلِّ دُولاب. والاحتِكاكُ بين المادَّةِ والجُزْءِ الدوَّار يُحَوِّلُ طاقةَ الحَرَكةِ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ ويُخَفِّضُ سُرعةَ المَرْكَبة. وسُرعانَ ما تُفْقَدُ الطاقةُ الحراريَّةُ إلى الهواءِ المُكْتَنِف.

▼ يتألَّفُ مِكْبَحُ الدرَّاجةِ عادةً من زَوجِ لَيْناتٍ مَطاطيَّةٍ صَلْدةٍ مُثبَّتٍ في طرَفَي رافِعتين مُقَوَّسَتَيْن. وتتَّصِلُ هاتان الرَّافعتانِ بهَيْكلِ الدرَّاجةِ عَبْرَ مِحْورِ ارتِكاز. إعمالُ المكبَحِ يُحرِّكُ اللَّيْنتَيْن إلى الدَّاخِلِ لِتَضْغطا على جِتارِ الدُّولاب.





عِنْدَ إعمالِ المِكْبَح، تَقْبِضُ اللَّيْنَتان جِتارَ الدُّولاب من الجانِبَيْن. والاحتِكاكُ بين اللَّيْنَتَيْن والجِتار، الذي يُخَفِّضُ سُرعةَ الدرَّاجة، يُحَوِّلُ طاقةَ حَرَكتِها إلى طاقةٍ حراريَّة.

▼ الاحتِكاكُ بين عَوارِضِ الانزلاق الفلزِّيَّة في مَركَبةِ الانزلاق على الجليد خَفيضٌ جدًّا لأنَّ الضغطَ سَفْلًا يَصْهَرُ الجليدَ مُكَوِّنًا طبَقةً رَقيقةً مُزَلِّقةً من الماء.



أُنْظُر أيضًا

العَضَلاتُ والحَرَكة ص 106 – 107
الطاقةُ الكامِنةُ وطاقةُ الحَرَكة ص 292 – 293
كمِّيَّةُ التحرُّك (الزَّخْم) ص 296 – 297
الدواليب (العَجلات) والجُزوع (المَحاوِر) ص 302 – 303

المَوائع

تُصَنَّفُ السَّوائلُ والغازاتُ كمَوائعَ لأنَّها سيَّالَةٌ ويُمكِنُها الِانسِيابُ من مَكانٍ إلى آخر. كذلكَ يُمكِنُ أحيانًا أنْ تَسْلُكَ مَساحيقُ الجوامِدِ البالِغَةُ الدِّقةِ والنُّعومة كمَوائع.



درجةُ الحرارة في أعلى هذا الشَّلَّالِ اخفَضُ قليلًا مِنْها في أسْفَلِه، لأنَّ قُوى الِاحتِكاك في السَّوائل المُنْسابةِ تُبَطِّئُها مُحَوِّلَةً بعضَ طاقتِها الحَرَكيَّةِ إلى حرارةٍ، فتَغْدو أسخَنَ قليلًا.

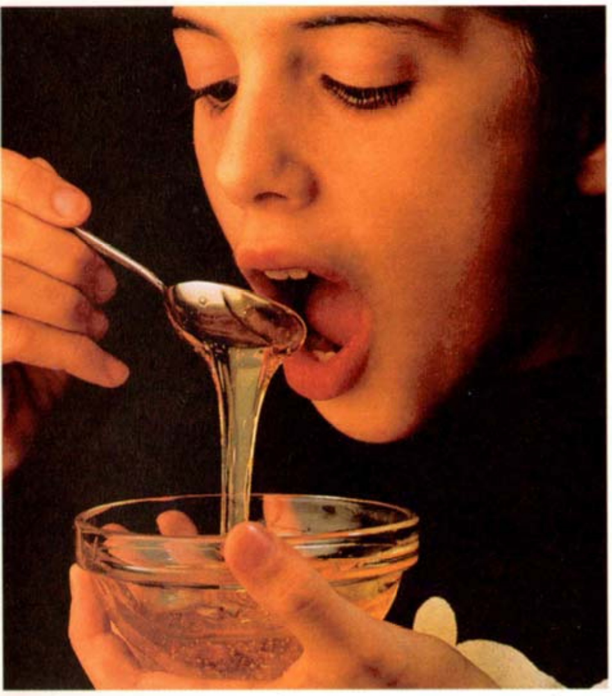
هنالك ثلاثُ حالاتٍ عامَّةٌ للمادَّة: جامِدةٌ وسائلةٌ وغازيَّة. فالسَّوائلُ والغازاتُ تُصَنَّف كموائع. وهي سيَّالةٌ لأنَّ قُوى التَّجاذُبِ بينَ جُسَيْماتِها ضَعيفةٌ - فتَسْتَطيعُ تَغْييرَ شَكْلِها بيُسْرٍ وسُهولَة. أمَّا الجوامِدُ فلا تَسْتطيعُ الِانسِيابَ في الظُّروفِ العاديَّةِ لأنَّ قُوى التجاذُبِ بين جُسَيْماتِها شَديدةٌ.

الغـازات

تَنسابُ الغازاتُ من الأماكِنِ العالِيةِ الضَّغْط إلى الأماكِنِ الأخفضِ ضَغْطًا. فمثلًا يَنْسابُ الهواءُ من مِضَخَّةِ الدَّراجةِ إلى إطارها لأنَّ الضَّغْطَ داخِلَ المِضَخَّةِ أعظَمُ منه في الإطار. كذلك فإنَّ أنماطَ الطَّقْسِ يَحْكُمُها انْسِيابُ الهواء؛ فَتَهبُ الرِّياحُ عَبْرَ سَطْحِ الأرض لأنَّ الحرارةَ من الشَّمْس تُحْدِثُ فُروقًا في ضَغْطِ الهواء.

السَّوائل

السَّوائلُ أكثفُ من الغازات، لِذا فإنَّ قُوَّةَ الجاذبيَّة تَجْعَلُها تَنسابُ نُزُولًا. فالماءُ والبِنْزينُ والزَّيْتُ والدِّبْس كُلُّها سَوائلُ؛ لكِنَّها تَنسابُ بِسُرعاتٍ مُختَلِفة. فقُوى التجاذُبِ، مثلًا، أشَدُّ بين جُسَيْماتِ الدِّبْسِ منها بين جُزَيئاتِ الماء. لذا يَنْسابُ الماءُ بِسُهولةٍ وبِسُرعةٍ أكثرَ من انسِيابِ وسُرعةِ الدِّبْس. السَّوائلُ التي تَنْسابُ بِصُعوبةٍ، يُقالُ إنَّها لَزِجَةٌ. وتَتَبايَنُ اللُّزوجَةُ بينَ سائلٍ وآخرَ؛ وهي تَنْخفض بتَزايُدِ درجةِ الحرارة.



العَسَلُ مائعٌ لَزِج. الأجزاءُ المَشْحونَةُ على جُزَيئاتِ العَسَلِ تَشُدُّها بالتَّجاذُبِ بَعْضَها إلى بَعْضٍ، فتَتَماسَكُ أثناءَ سَيلانِ السَّائل، وتُبَطِّئُ حَرَكتَه.

تَمْييعُ الجَوامِد

الجوامِدُ، كالإسمَنْتِ والدَّقيق، هي مَساحيقُ دقيقةٌ ناعمة. كُلُّ جُسَيْمٍ من المَسْحوقِ أكبَرُ بمَلايين المرَّاتِ من جُزَيئاتِ السَّوائل والغازات، لكِنْ يُمكِنُ جَعْلُ هذه المساحيق تَنْسابُ كالموائع. فنَفْخُ الهواءِ صُعُدًا عَبْرَ السَّحيقِ الناعمِ يَرْفَعُ جُسَيْماتِه ويُخَفِّضُ الِاحتِكاكَ بينَها. لذا يُمكِنُ شَحْنُ الإسمَنْتِ أو الدَّقيقِ في سُفُنٍ صِهْريجيَّة وتَفْريغُه منها بالتَّمييعِ في الهواء.

مَحطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة تَحرِقُ سَحيقَ الفَحْمِ الحَجَريِّ في أفرانِها مُمَيَّعَ الطبَقاتِ. فيَسْري سَحيقُ الفَحْم عَبْرَ طَبَقةٍ من الرَّمْلِ المُسْتَدامِ التمييعِ بهواءٍ عالي الضَّغْط. الهواءُ يُساعِدُ الفَحْمَ على الِاحتِراق، ويُبقي الطبَقةَ على درجةِ حرارةٍ مُثْلَى للِاحتِراقِ الفَعَّال.

المَساحيقُ الناعمةُ الدقيقةُ يُمكِنُ جَعْلُها تَسْلُكُ كالموائع بتَعْويمِها فوقَ تيَّارِ هواءٍ صاعِد. هذه الترتيبيةُ تُسَمَّى طَبَقةً مُمَيَّعةً؛ والسَّحيقُ المُمَيَّعُ يَنْسابُ كالسَّوائل.

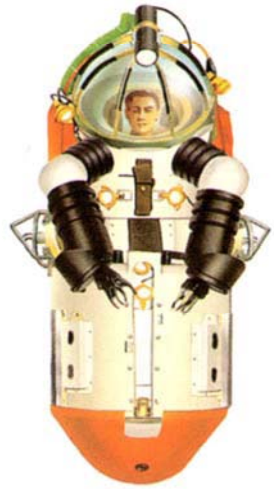


أُنْظُر أيضًا

حالاتُ المادَّةِ ص 156 – 157
بِنْيةُ الجوامِد ص 168 – 169
كيمياءُ الأغْذِيَة ص 188 – 189
مَحطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة ص 348 – 349

الضَّغْط

الضَّغْطُ هو القُوَّةُ المؤثِّرةُ على سَطْحٍ مّا ويُقاسُ بمِقْدار هذه القُوَّة على وَحْدةِ المِساحة. بخِلافِ الجوامدِ والسَّوائل، الغازاتُ تَنْضغِطُ بِسُهولَةٍ؛ ويَزْدادُ ضَغْطُها بتَناقص الحَجْم.



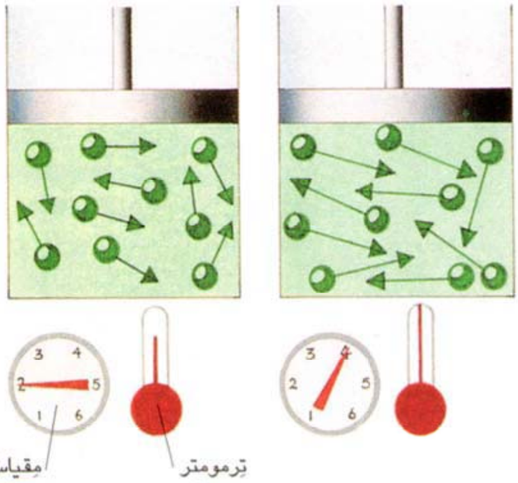
على عُمْقِ 1000 مِتْرٍ تحتَ سَطْحِ المُحيط، حيثُ الضَّغْطُ يفوقُ الضَّغْطَ الجَوِّيَّ 100 مرَّة، بِذْلَةُ الغَطّاس المُدرَّعةُ تَقيهِ من الهَصْر.

يَشْعرُ الغَطّاسونَ بضَغْطِ الماءِ الذي يُؤثِّرُ على أَجسادِهم بالتَّساوي في جَميعِ الاتِّجاهات. وبازدِيادِ عُمْقِ الغَطْس يَزْدادُ ذلك الضَّغْط. وضَغْطُ الماءِ هو نَتيجةٌ لِشَدِّ الجاذبيَّةِ على الماءِ نُزُولًا فوقَ الغَطّاس. أمّا الضَّغْطُ الجَوِّيُّ فنَتيجةٌ لِشَدِّ الجاذبيَّةِ سَفْلًا على الغازاتِ في جوِّ الأرض.

قِياسُ الضَّغْط

وَحْدةُ الضَّغْطِ هي البَسْكال (پا) – الذي يُعادلُ قُوَّةَ نيوتُنٍ واحِدٍ على مِساحةِ مِتْرٍ مُرَبَّع. الضَّغْطُ الجَوِّيُّ في مُسْتَوى سَطْحِ البَحْرِ يُساوي 101 000 بَسْكال تَقْريبًا.

الضَّغْطُ يَتَزايدُ بتَناقُصِ المِساحة التي يَقَعُ عليها. فالشَّخْصُ الذي وَزْنُه 70 كيلوغرامًا ويَنْتَعِلُ حِذاءً ذا كعبَيْن مُسْتَدِقَّيْن يَبْذُلُ ضَغْطًا على الأرضيَّةِ التي يَقِفُ علَيها أكثَرَ من الضَّغْطِ الذي يَبْذُلُه فِيلٌ وَزْنُه ثلاثةُ أطنانٍ على أقدامِه الأربعةِ الضَّخْمة.



ضَغْطُ الغازِ هو نَتيجَةٌ لاصطِدام جُزَيئاتِه بجُدرانِ الوِعاءِ الذي يَحْتويه. وبازدِيادِ دَرَجةِ الحرارة، يَزْدادُ عُنْفُ هذه الاصطِدامات، فيَزْدادُ الضَّغْط.

الضَّغْطُ والانْضِغاطيَّة

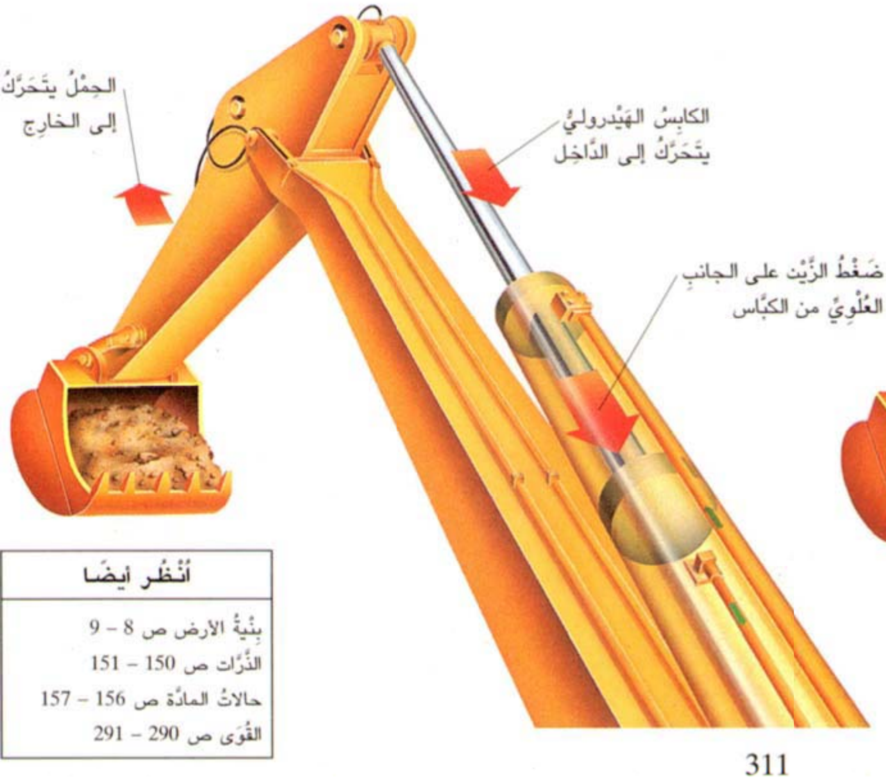
رُغْمَ أنَّ الغازاتِ تَمْلأُ الوِعاءَ الذي يَحْتويها، فإنَّ نِسْبَةً ضَئيلةً فقَطْ من حَيِّزِ الوِعاءِ تَشْغَلُه جُزَيئاتُ الغاز. فذرّاتُ أو جُزَيئاتُ الغازِ الدائمةُ الحَرَكة تَبْذُلُ ضَغْطًا على الوِعاءِ الذي يَحْتويها نَتيجَةً لِتَصادُمِها المُتكرِّرِ بجُدرانِه.

عندما يَنْضَغِطُ الغازُ تَشْغَلُ جُسَيْماتُه حَجْمًا أصغَرَ، وبالتالي تصدِمُ جُدرانَ الوِعاءِ المُتواجدة فيه بتَكرارٍ أكثَرَ، فيَزْدادُ الضَّغْط. السوائلُ والجوامِدُ بالكاد تَحْوي فَراغاتٍ بينَ جُسَيْماتِها. لذا فهِي لا تَنْضَغِطُ بِسُهولةٍ كالغازات.

الدَّفْعُ بالمَوائع

إنَّ تَسْليطَ قُوَّةٍ على سَطْحِ سائلٍ مَحْصور يَزيدُ الضَّغْطَ على جميعِ النِّقاطِ بداخلِه. وتَسْتَخْدِمُ المكناتُ الهَيْدروليَّةُ هذه الظاهِرةَ (قانون پَسْكال) لتَحْريك الأحْمالِ الثَّقيلة. ففي الحفّارة الميكانيكيَّة يُديرُ المُحَرِّكُ مِضَخَّةً تَدْفَعُ الزَّيْتَ عَبْرَ انابيبَ إلى الأسْطوانات. في الأسْطوانةِ يدفَعُ ضَغْطُ الزَّيْتِ كبّاسًا للانْزِلاق على مَداه بداخِلها. ويُمكِنُ توجيهُ ضَغْطِ الزَّيْتِ على كلا جانِبَي الكبّاس وجَعْلُه يَنْزلِقُ بقُوَّةٍ هائلةٍ في كلا الاتِّجاهَيْن.





أنظر أيضا

الصَّوتُ كتغيُّراتٍ في الضَّغْط

يَحْدُثُ الصَّوتُ من ذَبْذباتٍ تَنْتقِلُ عَبْرَ أيِّ وَسَطٍ ماديّ كالهواءِ أو الماء. وهذه الذَّبْذباتُ تَتبيَّنُها آذانُ الحيَوانات.

شعْبَتا الشَّوكة تتحرَّكان نَحْو الخارج



عندما تَتحرَّكُ شُعْبَتا الشوكةِ الرَّنَّانة نَحْوَ الخارِج، فإنَّهما تُحدِثان في الهواءِ مِنْطقةَ ضَغْط عالٍ (تُسمَّى تضاغطًا).

شعْبَتا الشَّوكة تتحرَّكان نَحْو الدَّاخل



عندما تَتحرَّكُ شُعْبَتا الشَّوكةِ الرَّنَّانة نَحْوَ الدَّاخِل، فإنَّهما تُحدِثان في الهواءِ مِنْطقةَ ضَغْطٍ خفيض (تُسمَّى تخَلْخُلًا).

▲ شُعْبَتا الشَّوكةِ الرَّنَّانة تَتَذبْذبانِ بِسُرعةٍ ثابتة؛ فتُولِّدان في الهواءِ مناطِقَ تَضاغُطٍ وتَخَلْخُلٍ تَنْتشِرُ بَعيدًا عن الشَّوكةِ بِسُرعةِ الصَّوت.

عندما يَتكلَّمُ شَخصٌ تَتذَبْذبُ الحِبالُ الصوتيَّةُ في حَنْجرَته جَيْئةً وذَهابًا مُولِّدةً أمواجًا صوتيَّةً تَنْتشِرُ بِسُرعةٍ تُقارِبُ 340 مترًا في الثانية. هذه الأمواجُ هي تَغيُّراتٌ في ضَغْطِ الهواءِ تَبْلُغُ حوالى جُزْءٍ من عَشَرة آلاف من الضَّغْطِ الجَوِّيِّ الطبيعيّ. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ الهواءَ أو الوسَطَ الناقِلَ للصوت لا يَتحرَّكُ مع المَوجةِ الصوتيَّة. بَل فقط يتذَبْذبُ حولَ مُتوسِّطِ وَضْعِه ناقِلًا تلك الاهتِزازات.

الصَّوتُ في الهواء

يَنْتقِلُ الصَّوتُ عَبْرَ الهواءِ كحَرَكةٍ اهتِزازيَّة، تَتَرجَّحُ فيها جُزَيئاتُ الهواءِ جَيْئةً وذَهابًا مُنْتقلَةً عَبْرَ الهواءِ المُحيط في كُلِّ الاتِّجاهاتِ بَعيدًا عن المَصْدر.

انتِقالُ الصَّوتِ في أوساطٍ أُخرى

يَنْتقِلُ الصَّوتُ عَبْرَ الجوامدِ أو السَّوائلِ أو الغازات. لكِنَّه لا يَنْتقِلُ عَبْرَ الفَراغ (الخَواء) حيثُ لا وُجودَ لِجُسَيْماتٍ تتذَبْذبُ ناقِلةً الأمواجَ الصوتيَّة. لذا يُوفِّرُ الفَراغُ بين ألواحِ الزُّجاجِ في النَّوافذ المُزْدَوجةِ التَّزجيج عَزْلًا صَوتيًّا.

سُرعةُ الصَّوتِ في الوَسَطِ الناقِل تعتَمِدُ على كثافَتِه. فَسُرعةُ الصَّوتِ في الماءِ، مثلًا، تُساوي خَمْسةَ أضعافِ سُرعَتِه في الهواء؛ وسُرعتُه في الزُّجاج تُساوي ثلاثةَ أضعافِ سُرعتِه في الماء. ذلك لأنَّ الجُسَيْماتِ في وَسَطٍ كثيفٍ، كالزُّجاج، هي أكثرُ تَلازُّا منها في وَسَطٍ أقَلَّ كثافةً كالهواء. فتَلازُّ الجُسَيْمات وتَراصُّها في وَسَطٍ كثيفٍ يُساعِدُ في انتِقالِ الذَّبْذباتِ من جُسَيْمٍ مُجاورٍ بِسُرعةٍ أكثر.

انضِغاطُ الغازِ يَزيدُ كثافتَه، وبالتالي تَزْدادُ سرعةُ الصَّوت في الغاز بِتَزايُدِ ضَغْطِه.



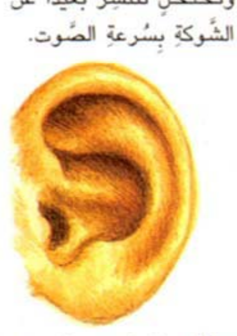
المِجهارُ المَخْروطيُّ البَسيطُ يُرَكِّزُ الأمواجَ الصوتيَّةَ في اتِّجاهٍ واحد؛ أمَّا جَرَسُ التلِفون فيَنْشُرُها في جميعِ الاتِّجاهاتِ لِتُسْمَعَ من أيِّ اتِّجاه.

استِخْدامُ الصَّوْت

بعضُ الحيواناتِ تَتبيَّنُ الأصواتَ بآذانِها في حِلِّها وتَرْحالِها عَبْرَ الهواءِ أو الماء. الأُذُنانِ تُحَوِّلانِ الذَّبْذباتِ إلى دَفعاتِ



◄ تَسْتَخْدِمُ الدَّلافينُ والحيتانُ أصواتًا عاليةَ التردُّد للتَّواصُل في ما بينها ولِتَحْديدِ مَواقِعِ الطَّعام. هذه الأصواتُ تَبْلُغُ مدًى أبعدَ في الماءِ منها في الهواء.



الأذُنُ البَشَريَّةُ (في مُعظم الناس) تَستطيعُ سَماعَ الأصوات التي يَبْلُغ تردُّدها حتّى 20 ألف هرتْز.



آذانُ الخَفافيش حسَّاسَةٌ للتردُّداتِ الصوتيَّةِ حتَّى 120 ألف هرتْز (120 كيلوهرتْز).



الجَنادِبُ تَستطيعُ سَماعَ الأصواتِ التي يَبْلُغُ تردُّدها حوالى 100 ألف هرتْز (100 كيلوهرتْز).



بعضُ الضَّفادِعِ حَسَّاسَةٌ للتردُّداتِ الصوتيَّةِ حتَّى قُرابة 50 كيلوهرتْز.

► الحيواناتُ المُخْتلِفةُ تَسْتطيعُ سَماعَ الأصواتِ ضِمْنَ مدًى مَسْموعيَّةٍ مُتَفاوتِ التردُّدات. يَتَراوحُ مدَى مَسْموعيَّةِ البَشَر بين حوالى 20 هِرتْز و 20 000 هِرتْز (20 كيلوهرتز)؛ ويَقِلُّ مدَى الحَدَّين مع التقدُّمِ في العُمْر.

السُّونار

نَبيطةُ استِشْعارٍ بالموجاتِ الصوتيَّةِ طوَّرَها بدايةَ الفيزيائيُّ الفَرَنْسيُّ، پول لُونْجڤن (1872 – 1946)، عامَ 1915. ولعلَّه استلْهمَ الفكرةَ إثْرَ كارثة التَّيْتنيك التي اصطدمَتْ بجَبَلٍ جليديٍّ وغرقَتْ اثناءَ رحلتِها البِكْرِ عامَ 1912. يُوَفِّرُ السُّونارُ مَعْلوماتٍ عن الأَجْسامِ تحت سَطحِ الماءِ بواسِطةِ الصَّدى الذي يَرتَدُّ عنها. الأَصداءُ العَموديَّةُ تَسْبُرُ الأعماقَ؛ والأصداءُ الزاويَّةُ تُحدِّدُ مَواقِعَ وبُعْدَ الأشياءِ فيها كالغَوّاصات أو السُّفنِ الغارقةِ وأَسْرابِ السَّمَك.



(نَبَضاتٍ) عَصبيَّةٍ تُنْقَلُ إلى الدِّماغ. وحيَواناتٌ أُخرى، كالأفاعي، تتحَسَّسُ الصوتَ منَ الذَّبْذباتِ الأَرْضيَّة.

تَسْتَخْدِمُ الحيواناتُ الصَّوتَ للتَّواصُلِ وتعرُّفِ مُحيطها البيئيّ – كما إنَّ أصواتًا، كقَرْقَعة انهِيارِ الصُّخور أو هَمْهَمةِ الحيوانات المُفْترِسَةِ أو أبواقِ السيَّارات وأَجراسِ الحريق توَفِّرُ الإنذاراتِ بِخَطَرٍ مُحْدِق.

السَّبْرُ بالصَّدَى

بعضُ الحيوانات، كالخفافيشِ والدَّلافينِ والحِيتان، تَسْتَخْدِمُ الصَّوتَ لِتَحديدِ مَساراتِها ومَواقِعِ طعامِها. فهي تُرْسِلُ دَفَقاتٍ قَصيرةً من الصَّوتِ العالِي التَّرَدُّدِ وتُحَلِّلُ الأَصداءَ المُرتَدَّةَ. وهذا السَّبْرُ الصَّدَويُّ يُساعِدُ تلكَ الحيواناتِ على اكتِشافِ فرائسِها وتَقْديرِ سُرعَتِها واتِّجاهِ تحَرُّكِها.

والسُّفُنُ تَسْتَخْدِمُ السُّونارَ (المُصطلح من أوائليَّة كلمات تعني «الملاحةُ وتَقديرُ المدَى بالصَّوت») للحُصولِ على صُوَرٍ للأَجْسامِ والمَناظِرِ الطبيعيَّةِ تحتَ الماء. فتُصْدِرُ نَبيطةٌ أشْبَهُ بِمُكبِّرِ الصَّوت نَبَضاتٍ صَوتيَّةً حادَّةً يتلَقّى أصداءَها ويُحَلِّلُها حاسوبٌ يُحَدِّدُ، من تَوْقيتِها واتِّجاهِها، مَواقِعَ الأَجْسامِ المَسْبورَةِ وحُجومِها.



▲ مِفْراسٌ فوق سَمْعيّ – اكثَرُ أمانًا من الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ (أشِعَّةِ إكس)، يُبَيِّنُ الخُطوطَ الكِفافيَّةَ لِجَنينٍ نامٍ داخِلَ رَحِمِ أُمِّه.

صوتٌ دونَ السَّمعيّ

يتألَّفُ الصَّوتُ دون السَّمعيّ من أمواجٍ صوتيَّةٍ تردُّداتُها أخفضُ من مَدى السَّمعِ البشَريّ. الزَّلازلُ تَبتعِثُ أصواتًا دون المُستوى السَّمعيّ عبرَ الأرض، والانفجاراتُ تَبتعِثُها كذلك عبرَ الهواء. ورُغمَ أنَّ الأصواتَ دون السَّمعيَّة لا تُسْمَعُ بشَريًّا فإنَّ ضَغْطَ أمواجِها يُشْعَرُ به أحيانًا.

صوتٌ فوقَ السَّمْعيّ

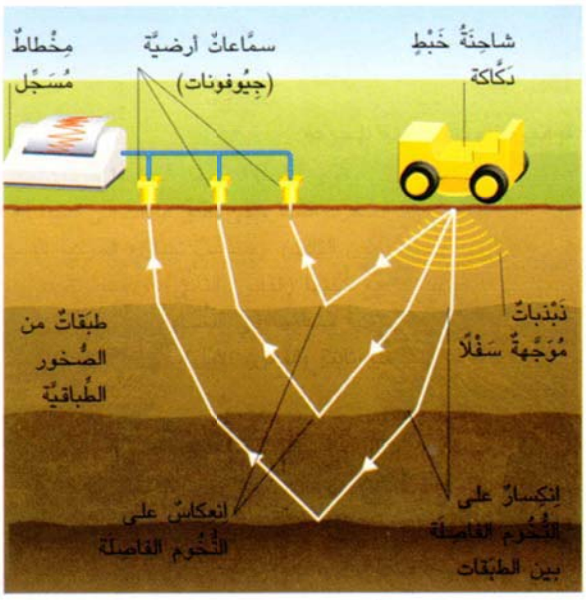
يتألَّفُ الصَّوتُ فوقَ السَّمْعيّ من أمواجٍ صوتيَّةٍ تَتذَبْذبُ بتَردُّداتٍ أزيَدَ من حوالى 14 كيلوهرتز – الحَدِّ الأعلى للسَّمْعِ البَشَريّ لِمُعظمِ الناس.

الأمواجُ فوقَ السَّمْعيَّة أشدُّ اختِراقيَّةً للسَّوائلِ والجوامدِ من الأصواتِ الأَخْفَضِ تَرَدُّدًا. لذا، يُستَخْدَمُ الصوتُ فوقَ السَّمْعيّ في بعضِ أنواعِ مُعَدَّاتِ السُّونار وفي مَفاريسِ (ج. مِفْراس) الجِسْم التي تَلْتَقِطُ صُوَرًا لأعضائه الداخليَّةِ وللأَجِنَّةِ في أطوارِ نمُوِّها. كما إنَّ أصداءَ الصوت فوقَ السَّمْعيّ تكشِفُ أيضًا الخَلَلَ والشُّقوقَ الدقيقةَ داخِلَ الأَجْسامِ الفِلِزِّيَّةِ المُلْحَمة، كخُطوطِ الأنابيبِ الفُولاذيَّة.

كذلكَ يُمكِنُ استِخْدامُ ذَبْذباتِ الصَّوتِ فوقَ السَّمْعيّ العاليةِ الطاقَةِ لِتَفْتيتِ الحَصَى الكُلْويَّةِ إلى شَقَفٍ صَغيرةٍ يُمكِنُ طَرْدُها مع البَوْلِ خارجَ الكُلْيَتيْن. وتُسْتَخْدَمُ مَغاطِسُ فوق سَمْعيَّة مُعبَّأة بالماء لإزاحة القَذارةِ القِشْريَّة المُتَصَلِّدة التي تُغطِّي الأَجهزةَ المِخْبَريَّة.

▼ تَعْتَمِدُ سُرْعَةُ الصَّوتِ على الوَسَطِ الذي يَمُرُّ الصوتُ عَبْرَه. وتَزْدادُ سُرعَةُ الصوتِ بازدِيادِ دَرَجةِ الحرارة.

الوَسَط	السُّرْعَة (مِتْرٌ في الثانِيَة)
الهواءُ على دَرجة صِفْر°س	331
الهواءُ على دَرجة 30°س	350
ثاني اكسيد الكربون	267
الهِدْروجين	1315
الماء	1469
الخَرَسانة	5000
الغرانيت	3950
الآجُرّ	3600
الفولاذ	5121
الالومنيوم	5100
الزُّجاج	6000



تَنْكَسِرُ الأمواجُ الصوتيَّةُ وتنْعكِسُ بِعُبورِها من وَسَطٍ صَخريٍّ لآخَر. وبتَحليلِ هذه الأمواجِ الصوتيَّةِ المُرْتَدَّةِ يُكَوِّنُ الجيولوجيُّون صُوَرًا للطَّبَقاتِ الصَّخْريَّة المُتَباينة.

أُنْظُر أيضًا

الزَّلازل ص 20 – 21
التَّواصُل ص 111
الأُذُنان والسَّمْعُ والتَّوازُن ص 116 – 117

تَسْخيرُ قُدْرةِ المَوْج

القُدْرةُ من البِحار مَوْرِدُ طاقةٍ مُتجدِّدٌ. بعضُ النبائطِ التّقانيَّة يَسْتَخْدِمُ طاقةَ المَوْج أو طاقةَ المَدِّ والجَزْر، وبَعْضُها الآخَرُ يَسْتَخْدِمُ فارقَ دَرجةِ الحرارة لِتَوليدِ الكهرباء.



أقيمَتْ مَحطَّةُ أُسْپري لتَسْخيرِ طاقةِ العُبابِ الموجيِّ المُحيطيِّ عامَ 1995. كُتْلَةُ المَحطَّة ومُعَدّاتُها تبلُغُ 8000 طُنٍّ وارتفاعُها 20 مترًا. وهي تَقِفُ مُوَطَّدةً في 15 مترًا من الماء على مَبْعدةِ 100 متر من ساحلِ اسكتلَنْدا الشماليِّ الغَرْبيِّ. أُسپري كانت أوّلَ مَحطَّةٍ في العالَم لتوليدِ القُدْرة تِجاريًّا تُشَغَّلُ بالأمواج. وهي تُنْتِجُ 2 ميغاواط من القُدْرة الكهربائيَّة - أي ما يكفي لإمدادِ 400 مَنْزِلٍ بالكهرباء.

المُحيطاتُ تُغَطّي 70 بالمئة من سَطْح الأرض. وهي تَمْتَصُّ الحرارةَ من الشَّمْس وتَخْتَزِنُها. هذه الحرارةُ أيضًا تَسُوقُ الرِّياحَ عَبْرَ سُطوحِ المُحيطاتِ مُسَبِّبَةً الأمواجَ العارِمة. قُوى الجاذبيَّة من الشَّمس والقَمَر تُحْدِثُ المَدَّ والجَزْرَ ارتفاعًا وانخِفاضًا في مُسْتَوى مياه البِحار يَوميًّا. حرَكاتُ البِحار هذه والحرارةُ التي تَحْتويها المُحيطات هي مَوارِدُ طاقيَّةٌ ضَخْمةٌ ومُسْتَدامةٌ. والتحَدّي الكبيرُ لأهل الأرض هو تطويرُ مَكِناتٍ تَسْتطيعُ استِخْلاصَ هذه الطاقة وتحويلَها إلى شَكْلٍ من الطاقة سَهْلِ المُتَناوَل كالكَهْرباء.

قُدْرةُ المَوْج

عندما تكتَسِحُ الشاطِئَ مَوْجةٌ ارتفاعُها مترٌ واحدٌ وعَرْضُها 25 مترًا، فإنَّها تَفْقِدُ حوالى 000 125 جُول من الطاقةِ الكامِنة. ولو تُحَوَّلُ هذه الطاقةُ إلى طاقةٍ كهربائيَّة، فإنَّها تكفي لإنارةِ مِصْباحٍ نَضَديٍّ حوالى ساعةٍ من الزَّمَن. القُدْرةُ المَوجيَّةُ على شاطِئٍ طولُه 5 كيلومترات تُقَدَّرُ بحوالى 10 بلايين جُول في السَّاعة، أو 2,5 ميغاواط. وهي كافيَةٌ لإمدادِ حوالَى 500 مَنْزل بالطاقة الكَهْربائيَّة.



عَمودُ الماءِ يَدْفَعُ الهواءَ جَيْئةً وذَهابًا عَبْرَ تُرْبينٍ مع كُلِّ مَوْجةٍ عابِرة.

▼ نَبيطةُ عَمودِ الماء المُتَرَجِّح هذه مُتَواجِدَةٌ في جزيرة آيسْلي قرب ساحلِ اسكتلندا الغربيّ. وهي تُدَكُّ بأمواجِ المُحيطِ على مَدارِ السَّنة، مُوَفِّرةً مَصْدرًا طاقيًّا يُرْكَنُ إليه.

تَسْخيرُ قُدْرة البَحْر

الأَمواجُ تُحْدِثُها الرِّياح، لكِنَّها تتواجَدُ حتَّى في غِياب هُبوبِ الرِّياح. هنالك طريقتان لِتَسْخيرِ طاقةِ المَوْج وتَحْويلِها إلى طاقةٍ كهربائيَّة. وكلاهما تُحَوِّلُ حَرَكةَ المَوْجِ صُعودًا وهُبوطًا إلى حَرَكةٍ دَوَرانيَّةٍ يُمكِنُها تَدْويرُ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّة.

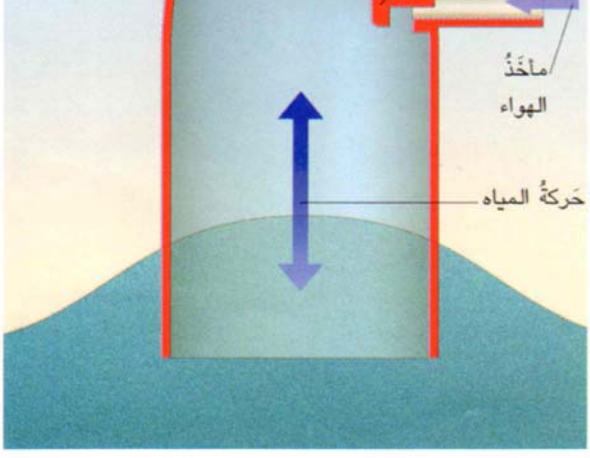
عَاماتٌ نَودانيَّة

بَعْضُ مُحَوِّلاتِ طاقةِ المَوْج يتألَّفُ من سِلْسلةٍ من العَامات المُسَطَّحةِ المُتَّصلة رَزِّيًّا كالمُفَصَّلات. فعِنْدَ عُبورِ الأَمواج تتحَرَّكُ العَاماتُ صُعودًا وهُبوطًا على السَّطْح وتَضُخُّ زَيتًا عَبْرَ مُحَرِّكاتٍ هَيْدروليَّةٍ تُديرُ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّةً. وتُوَطَّدُ هذه المكِناتُ على مَبْعدةٍ من الشاطِئ تَتراوَحُ ما بين 100 م وكيلومترَيْن قَبْلَ النُّقْطةِ التي يَبْدأُ المَوْجُ فيها بالتكَسُّر.

أَعمدةُ مياه مُتَرَجِّحة

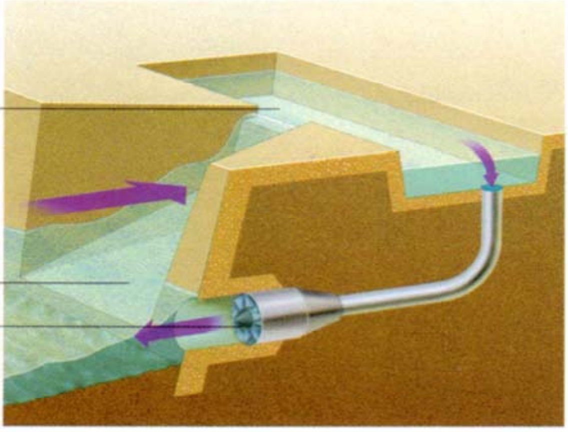
مُعْظَمُ مُحَوِّلاتِ الطاقةِ المَوْجيَّة الحديثةِ تَسْتَخْدِمُ نَمَطًا من أعمدةِ المياه المُتَرَجِّحة. عندَ مُرورِ الأمواج، تتحَرَّكُ المياهُ صُعودًا وهُبوطًا داخِلَ أعمدةٍ عَموديَّة - فتَعْمَلُ هذه الحَرَكةُ، مِثْلَ كبَّاسٍ داخِلَ أُسْطُوانةٍ، على دَفْعِ الهواءِ ذَهابًا وإيابًا عَبْرَ تُرْبينٍ مَوْصُولٍ بمُوَلِّدٍ كهربائيّ.

يُمكِنُ إرساءُ مُوَلِّداتِ أعمدةِ المياه المُتَرَجِّحة في عُرْضِ البَحْر في المُحيط العارِم؛ أو يُمكِنُ إقامَتُها على الشاطئِ في قَنَواتٍ مُتدرِّجةِ التَّضيُّق تُرَكِّزُ الأمواجَ وتُضَخِّمُها.



الأَمْواجُ الشَّاطِئيَّة

حيثُ تَدُكُّ الأَمواجُ العارِمَةُ الشاطِئَ بانتِظام، يُمكِنُ استِخْدامُ أَقنِيَةٍ مُتَدَرِّجةِ التَّضَيُّق لِتَعْبِئةِ خَزَّاناتٍ مُعَلَّاة. تَزْدادُ سَعَةُ الأَمواج الطامِيةِ المُتَموِّرةِ عَبْرَ القَنواتِ المُتَضيِّقة. وفي النُّقْطةِ الأَضْيَق، تَتَكَسَّرُ المياهُ من أعلى المَوج فوقَ جدارٍ وتَسْقُطُ في خَزَّان. ثُمَّ تُديرُ المياهُ العائدةُ من الخَزَّانِ إلى البَحْر، عَبْرَ أُنبوبٍ، تُرْبينًا ومُوَلِّدًا كهربائيًا. هذه المَنْظومةُ شَبيهةٌ بِمَنْظومةِ المُوَلِّدِ الكَهْرَمائيِّ التي تَسْتَخْدِمُ المياهَ من بُحَيْرةٍ أو سَدٍّ.



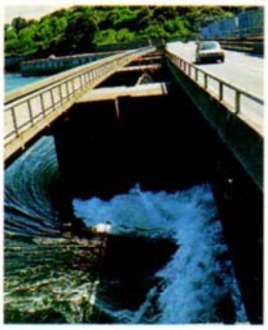
تُقَنّي نَباتُطُ التَّنَوُّرِ الأمواجَ إلى خَزَّاناتٍ عالية؛ والمياهُ تُديرُ تُرْبينًا أثناءَ انْدِفاقِها عائدةً من الخَزَّان. وقد شُغِّلَ مَصْنَعٌ من هذا النَّمط يُنتِجُ 350 كيلوواطًا من القُدْرة على ساحلِ بَحْر الشمال للنرويج مُنْذُ عام 1986.

قُدْرةُ المَدِّ والجَزْر

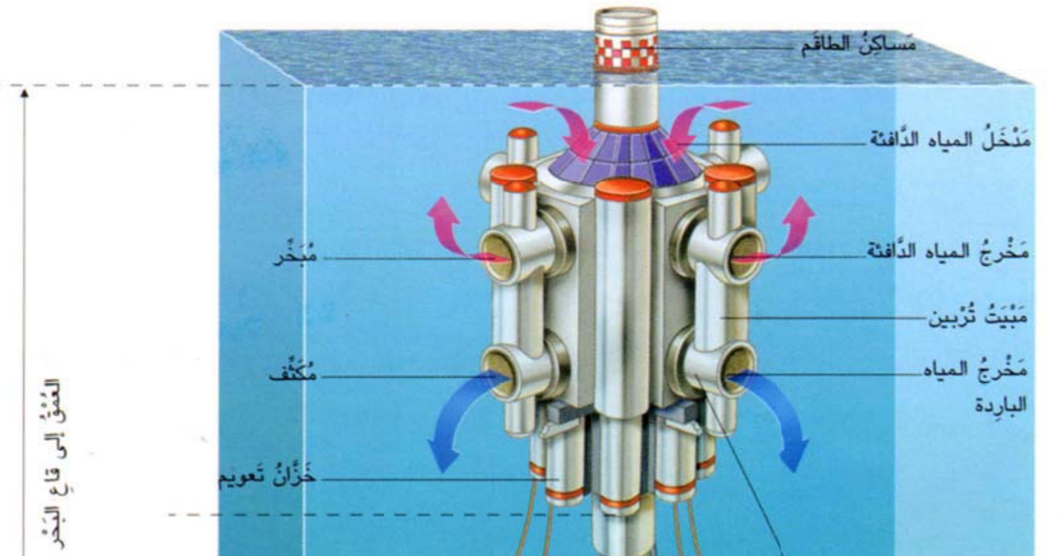
بدأَ استِخْدامُ قُدْرةِ المَدِّ والجَزْر على السواحلِ الإسبانيَّةِ والفَرَنْسيَّةِ والبريطانيَّة مُنْذُ أكثرَ من 900 سنة. فكان أقْصى المَدِّ يَمْلأُ بِرَكَ التخزين، ثُمَّ، أثناءَ أقْصى الجَزْر، تُديرُ مياهُ البِرَكِ المُنْصَرِفةُ عائدةً إلى البَحْر النواعيرَ والسَّواني. مَشاريعُ المَدِّ والجَزْرِ الحَديثةُ تَسْتَخْدِمُ سَدًّا اصطِناعيًا يُقامُ عَبْرَ مَصَبِّ نَهْر. يَنْبغي أنْ يكونَ هذا المصَبُّ عَريضًا ومُتَدَرِّجَ التَّضَيُّق، بحيثُ يكونُ الفَرْقُ كبيرًا بين مُسْتَوَيي الماءِ العالي والخَفيض. فتَتَدَفَّقُ مياهُ البَحْر عَبْرَ التُّرْبينات ذَهابًا مع أقْصى المَدِّ وإيابًا مع أقْصى الجَزْر، مُوَفِّرةً قُدْرةً كهربائيَّةً لِفَتْرةٍ تُقارِبُ 10 ساعات يوميًّا.

التأثيرُ البيئيّ

القُدْرةُ المُوَلَّدةُ من أمواجِ البَحْر هي مَوْرِدٌ طاقيٌّ مَجَّانيٌّ مُتَجَدِّد، لكِنَّ التَّجْهيزاتِ المُسْتَخْدَمَةَ لإقامتِها وصِيانَتِها باهِظَةُ التَّكْلِفة؛ وتُؤَثِّرُ أيضًا في البيئة. فسُدودُ المَدِّ والجَزْرِ الإصطِناعيَّةُ تُشَوِّشُ الحياةَ البَرِّيَّةَ وتَوازُنَ الأنظمةِ البيئيَّةِ المحلِّيَّة. أمّا مُحَوِّلاتُ الطاقةِ المَوجيَّةِ في عُرْضِ البَحْر فقد يكونُ لها تأثيراتٌ مُفيدةٌ، إذْ تُوَفِّرُ مَثاوٍ واقِيَةً للكائناتِ الحَيَّةِ تحتَ الماء كما تَقي الشاطِئَ من أضرارِ المَوْج.



سَدُّ المَدِّ والجَزْر الإصطِناعيُّ في لارانْس، بفَرَنْسا، مُجَهَّزٌ بِ 24 تُرْبينًا. وهنالك سُدودٌ مُماثِلةٌ في خليجِ فَنْدي في كَنَدا وفي مَرْمانْسك في شمال غَرْب روسيا.



◄ يَسْتَخْدِمُ مُحَوِّلُ الطاقةِ الحراريَّةِ المُحيطيُّ فارِقَ دَرجةِ الحرارة بين المياهِ السَّطْحيَّةِ الدَّافئة والمياهِ الباردة من عُمْقٍ يُقارِبُ الكيلومتر. المياهُ السَّطْحيَّةُ الدَّافئةُ تُبَخِّرُ مائعًا خفيضَ درجةِ الغَلَيان – فيُديرُ البُخارُ تُرْبينًا ويَتَكَثَّفُ سائلًا بتأثيرِ المياهِ الباردة التي تُضَخُّ من الأعماق. الكِفايَةُ في هذه المَنْظومةِ خَفيضةٌ لأنَّ ضَخَّ المياهِ الباردةِ يَسْتَهْلِكُ مُعظمَ الطاقةِ المُنْتَجة. ورُغْمَ أنَّ نباتطَ مُحَوِّلاتِ الطاقة الحراريَّةِ المُحيطيَّةِ لا تَزالُ اختِباريَّة، فقد أُقيمَتْ أوَّلُ مَنْظومةٍ عاملةٍ منها في كوبا عامَ 1930.

أُنْظُر أيضًا

مَصادرُ الطاقة الأرضيَّة ص 248 – 249
المَوائع ص 310
مَحطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة ص 348 – 349
الطاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458 – 459

تَسْخيرُ قُدْرةِ الرِّياح

قُدْرةُ الرِّياح مَوْرِدُ طاقةٍ مُتَجَدِّدٌ مَصْدرُه طاقة الهواءِ المُتحرِّك. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذه القُدْرة في دَسْرِ السُّفُن وتَوليدِ الكهرباء وتَشْغيل المكِنات.

يُسَخِّرُ البَشَرُ قُدْرةَ الرِّياح ويَسْتَخْدِمونَها مُنْذُ آلافِ السِّنين. فالقواربُ الشِّراعيَّةُ كانت مألوفةً على أنهارِ مِصْرَ وبُحَيْراتِها منذُ 5500 سنة. وفي أَرْبعينيَّاتِ القَرْن الرابعَ عَشَر، استُخْدِمَتْ مِضَخَّاتٌ تُدارُ بالهواءِ للمرَّة الأُولى في نَزْحِ وتَصْريفِ المياه من الأَراضي الخفيضة في هُولندا. وبعدَ قُرابةِ قَرْنٍ من الزَّمان عَمَّتْ طواحينُ الهواء مُختلِفَ المناطق لِطَحْنِ الحُبوب.





الرِّيحُ هي هُبوبُ الهواءِ وسَرَيانُه من مناطقِ الضَّغطِ العالي (H) إلى مناطقِ الضَّغْط الخَفيض (L). ويُوَلِّدُ هذا الهُبوبُ سِتَّةَ نُطُقٍ رياحيَّةً حوْلَ العالَم، تَشْمَلُ الرِّياحَ الجَنوبيَّةَ الغَرْبيَّةَ التي تَهُبُّ عَبْرَ المُحيطَيْن الأَطْلسيّ والپاسيفيكيّ (الهادي).

تطوُّراتٌ حَديثة

الوُقُدُ الأُحْفوريَّةُ المُسْتَخْدمةُ لِتَوفيرِ مُعْظمِ حاجاتِنا من الحرارةِ والقُدْرةِ لَيسَتْ مُتَجَدِّدةً. فَمَع تَدَنّي الاحتِياطيِّ منها يَزْدادُ الاهتِمامُ بِتَسْخيرِ قُدْرةِ الرِّياح. بعضُ السُّفُنِ الضَّخْمةِ الحديثة مُجَهَّزةٌ بأَشْرِعَةٍ حاسوبيَّةِ التحَكُّم تُعاوِنُ المُحَرِّكاتِ تَوفيرًا للوَقود. وحاليًّا، يَنْصَبُّ اهتِمامُ العُلماءِ على تَسْخيرِ قُدْرةِ الرِّياح لِتوليدِ الكَهْرباء.

مَصْدَرُ الرِّياح

الرِّياحُ تيَّاراتٌ هوائيَّةٌ تَسْري من مناطقِ الضَّغطِ العالي إلى مناطقِ الضَّغْطِ الخَفيض. وتَنْشأُ مناطقُ الضغط الخَفيضِ على مَقْرُبةٍ من خَطِّ الاستِواء، حيثُ تُسَخِّنُ حرارةُ الشَّمْس الهواءَ وتَجْعَلُه أقلَّ كثافةً فيرتَفِعُ صُعُدًا. وفي الوَقْتِ نَفْسِه يَهْبِطُ الهواءُ الأَبْرَدُ والأكثَفُ لِيَحُلَّ مَحلَّه. حَرَكةُ الهُبوطِ هذه تُوَلِّدُ مناطقَ ضغطٍ عالٍ قُربَ القُطْبَيْن الشماليّ والجنوبيّ.

التأثيرُ الإحراريُّ لِطاقةِ الشَّمْس يَجْعَلُ الهواءَ يَدورُ في اتِّجاهَيْن – شَماليّ جَنوبيّ وجَنوبيّ شَماليّ. وفي الوقتِ نفسِه يُسَبِّبُ تَدْويمُ الأرض، من الغَرْبِ إلى الشَّرق، انْسياقاتٍ جانِبيَّةً في الهواء. هاتان الظاهِرتان تُحْدِثان سِتَّةَ نُطُقٍ رياحيَّةٍ تَهُبُّ عَبْرَ العالَم من الشمالِ الغَربيّ إلى الجنوبِ الشرقيّ ومن الشمالِ الشرقيّ إلى الجَنوبِ الغَرْبيّ.

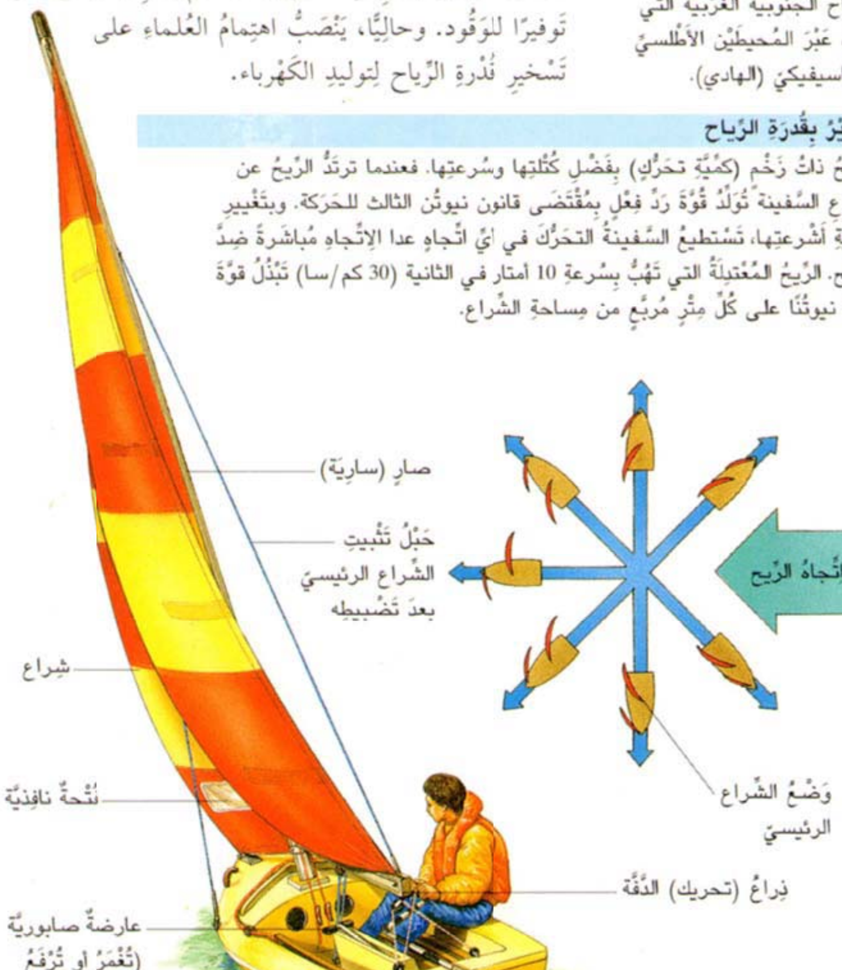
الأَشْرعة

كُتْلةُ المِتْرِ المُكَعَّبِ من الهواءِ تَبْلُغُ حوالى 1,3 كيلوغرام. وهذه الكُتْلةُ تُكْسِبُ الهواءَ زَخْمَه (كمِّيَّة تحَرُّكه). التيَّاراتُ الهوائيَّةُ تُنْتِجُ قُوَّةَ دَفْعٍ على أيِّ شيءٍ تَصْدِمُه. الأشرعةُ صفائحُ من قُماشٍ مَتينٍ تُسَخِّرُ قُوَّةَ الرِّيح لِدَفْعِ القوارِبِ والسُّفُنِ الشِّراعيَّة على سَطْحِ الماء.

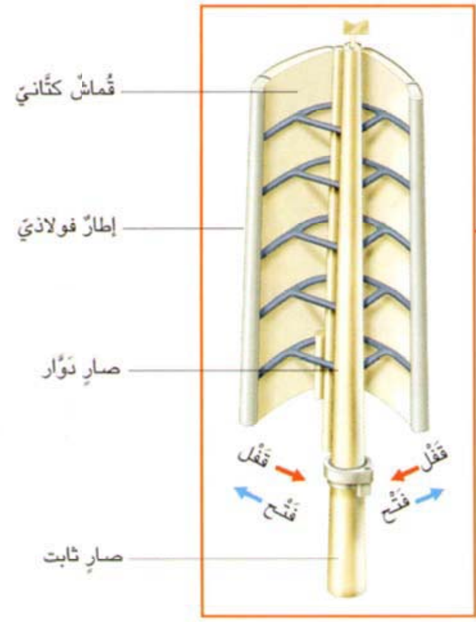
الطواحينُ الهوائيَّةُ الأُولى طُوِّرَتْ بِرَبْطِ أشرعةٍ كأشرعةِ السُّفُنِ المُثَلَّثيَّةِ بِعَمودِ إدارةٍ مَرْكزيّ. وبدَلَ أنْ تَدْفَعَ الأشرعةُ سَفينةً قُدُمًا، فإنَّ قُوَّةَ هُبوبِ الرِّياح هنا تَجْعَلُ الأشرعةَ تُدَوِّرُ العَمود. وقد استُخْدِمَ هذا الدَّورانُ في تَشْغيلِ المِضَخَّاتِ وفي تَدْويرِ الطواحين.

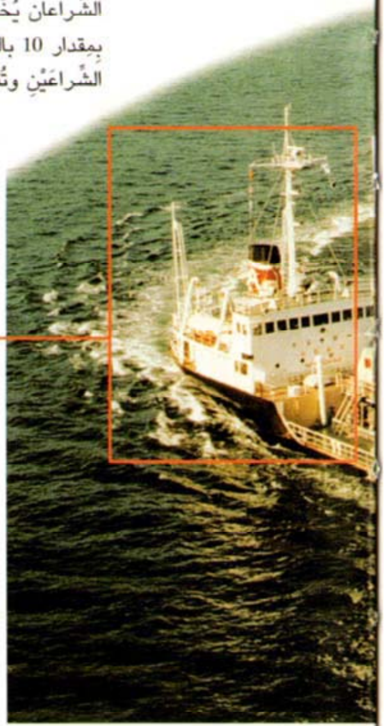
السَّيْرُ بِقُدرةِ الرِّياح

الرِّيحُ ذاتُ زَخْمٍ (كمِّيَّةِ تحَرُّكٍ) بِفَضْلِ كُتْلتِها وسُرعتِها. فعندما ترتَدُّ الرِّيحُ عن شِراعِ السَّفينةِ تُوَلِّدُ قُوَّةَ رَدِّ فِعْلٍ بِمُقْتَضى قانون نيوتُن الثالث للحَركة. وبتَغْيير زاويةِ أشْرعتِها، تَسْتطيعُ السَّفينةُ التحَرُّكَ في أيِّ اتِّجاهٍ عدا الاتِّجاهِ مُباشَرةً ضِدَّ الرِّيح. الرِّيحُ المُعْتَدِلَةُ التي تَهُبُّ بِسُرعةِ 10 أمتار في الثانية (30 كم/سا) تَبْذُلُ قُوَّةَ 130 نيوتُنًا على كُلِّ مِتْرٍ مُربَّعٍ من مِساحةِ الشِّراع.



الشِّراعان يُخَفِّضانِ استِهْلاكَ الوَقُود في هٰذه السَّفينة بِمِقدار 10 بالمئة. ويتحَكَّمُ حاسوبٌ بِمُحَرِّكاتٍ تَفْتَحُ الشِّراعَيْنِ وتُقْفِلُهما وتُديرُهما للرِّيح حسَب الحاجة.





تُرْبيناتٌ هوائيَّة

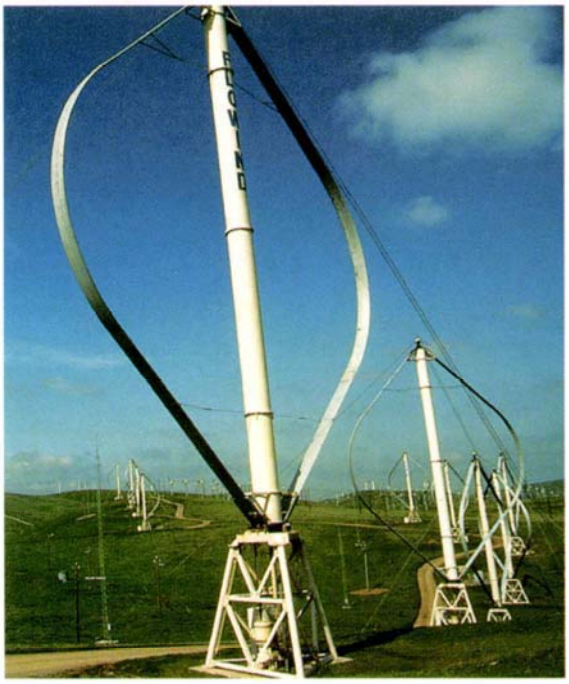
أشرِعَةُ طَواحينِ الهواءِ القديمةُ لم تَكُنْ فعَّالةً، فلم تكُنْ تَسْتَخْلِص سِوى جُزْءٍ ضئيلٍ من طاقةِ الهواءِ العابِر. استِخْدامُ الأَرياشِ المِرْوحيَّةِ أدَّى إلى كِفايةٍ أعلى. فالمِكناتُ الحديثةُ تُجَهَّزُ بريشَتَيْنِ أو ثلاثٍ يَبْلُغُ طولُ الواحدةِ منها حوالى 50 مِتْرًا مُكَوِّنَةً تُرْبيناتٍ هوائيَّةً. هٰذه التُّرْبيناتُ تُديرُ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّةً مُثَبَّتةً فوق أبراجٍ يزيدُ ارتفاعُها على 100 مِتْر. وتَقومُ مُحَرِّكاتٌ حاسوبيَّةُ التَّحَكُّم بتَغْيِيرِ زاويةِ الأرياش وتَوجيهِها لِتَتلاءَمَ مع سُرْعةِ الرِّياح واتِّجاهِها. في الرِّياحِ المُعْتَدِلة، يُوَلِّدُ التُّرْبينُ من هذا الحَجْم حوالى 300 كيلوواط من القُدْرة - أي أقَلَّ من جُزْءٍ من الألف من خَرْجِ القُدْرة لِمحَطَّةِ قُدْرةٍ تعمَلُ بِوَقْدِ الفَحْم.

حُقولُ التُّرْبينات الهوائيَّة

حُقولُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّة مَجْموعاتٌ من التُّرْبيناتِ الهوائيَّة تُوَلِّدُ طاقةً كهربائيَّةً لِمَجْموعاتٍ سُكّانيَّةٍ مَحلِّيَّة. فحَقْلُ وينْتِك بالقُرْبِ من پالْم سپرِنْغز، بكاليفورنيا، يَحْوي أكثرَ من 4000 تُربين هوائيّ؛ تُوَلِّدُ معًا ما يكفي من الطاقة لِتَزْويدِ مَدينةٍ بحَجْم سان فرانسيسْكو. ويَقَعُ حَقْلُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّةِ هذا في مُنْخَفَضٍ أرضيٍّ طبيعيٍّ يَعمَلُ كمُجَمِّع طاقةٍ شَمْسيَّةٍ ضَخْمٍ يَمْتَلِئُ بالهواءِ السَّاخِنِ الذي يرتَفِعُ ساحِبًا هواءً أبرَدَ من السَّاحِلِ الپاسيفيكيّ. وتَزْدادُ سُرْعةُ سَرَيانِ هذا الهواء إذْ يَقْنِيه وادٍ يُفْضي إلى حَقْلِ التُّربينات الهوائيَّة - مُحدِثًا رياحًا شَديدةً تُمِدُّ التُّربيناتِ بالقُدْرة.

المُسْتَقبل

مُشْكلةُ قُدْرةِ الرِّياح هي في أنَّها لَيْسَتْ مُسْتَدامةَ الهُبوب، وأنَّ مُعْظَمَ التُّربيناتِ لَنْ تَبْدأَ الدَّوران قَبْل أنْ تَبْلُغَ سُرْعةُ الرِّياح قُرابةَ 20 كم/سا كحَدٍّ أدْنى. ويَجْري التغَلُّب على هذه المُشْكلة، إلى حَدٍّ كبير، بوَصْل حُقولِ التُّربينات الهوائيَّة بِمَنْظومةٍ شَبَكيَّةٍ من الكُبول تَشْمَلُ جميعَ مُنْتِجي وجميعَ مُسْتَهْلِكي الطاقة الكهربائيَّة على مَدى نِطاقٍ شاسِع. وبذلك يُعَوَّضُ عن نَقْصِ الرِّياح في مكانٍ مّا برياحٍ تَهُبُّ في مكانٍ آخَر. إنَّ قُدْرةَ الرِّياح تُؤَمِّنُ حاليًّا جُزْءًا ضئيلًا فقط من الطَّلَبِ العالميِّ على الطاقة، لكِنَّ إسْهامَها سَيَزْدادُ حَتْمًا مع استِمْرارِ احتِياطيِّ الوُقُدِ الأُحْفوريَّة بالتَّضاؤل.



▲ تُرْبيناتُ سَرْتُوريُوس الهوائيَّةُ تَدورُ حوْلَ مِحْورٍ عَموديّ. وهي تُدَوِّمُ مع هُبوبِ الرِّياح في أيِّ اتِّجاه. إِسْمُ هذه التُّرْبينات مأخوذٌ من العَضَلةِ الخيَّاطيَّة (سرتوريُوس) التي تُتيحُ للرِّجلَيْنِ التَّعارُضَ في وَضْعِ تَباعُدِ الرُّكبَتَيْن.



▲ بعضُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّةِ يُوضَعُ على مِنَصّاتٍ في عُرْضِ البَحْر. الرِّياحُ في مِثْلِ هٰذه المَواقِعِ أكثَرُ ثباتًا واستِمْراريَّةً منها على اليابِسَة.



◄ تُرْبينُ المِحْوَرِ العموديِّ هذا أكثَرُ فعاليَّةً من تُرْبين سرتُوريُوس لأنَّ الطُّولَ الكامِلَ لِكُلِّ رِيشةٍ يتلَقَّى عَزْمَ دَورانٍ من الرِّيح.

أُنْظُر أيضًا

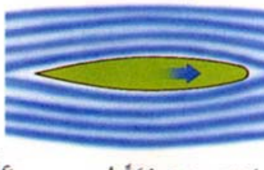
جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوِّيّ للأرض) ص 10 - 11

الطاقةُ المُتَجَدِّدة ص 458 - 459

مَبادئُ الطَّيران

تَطيرُ الطائراتُ بِبَذْلِ قُوَّةِ دَفْعٍ إلى أعلى تَتَغَلَّبُ على أَوْزانِها وهي أيضًا تُوَلِّدُ دَفْعًا داسِرًا يَدْفَعُها إلى الأمام ويُساعِدُها في تَوجيهِ سَيْرِها.

السَّريانُ الإنسيابيّ



التَّصْميمُ الإنسيابيُّ يُخَفِّضُ المُقاوَمَةَ (أي مُقاومة الهواء) بِتَخْليقِ سَريانٍ هوائيٍّ سَلِسٍ. الأَجْسامُ المَشيقَةُ الدَّمْعِيَّةُ الشَّكْلِ سَلِسَةُ الإنسِياب.

السَّريانُ المُضطَرِب

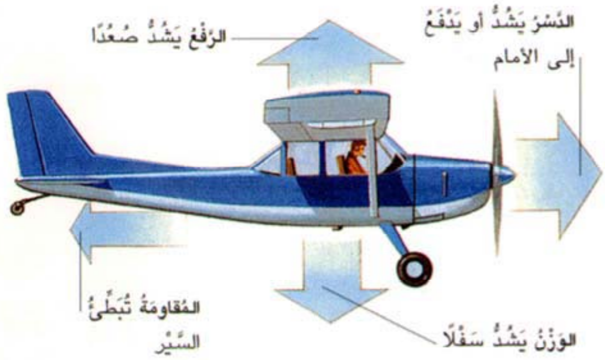


الأَجْسامُ المُربَّعةُ الشَّكْل ليسَتْ سَلِسَةَ الإنسِياب. فهي ذاتُ أطرافٍ حادَّةِ التَّزَوّي تُخَلِّقُ سَريانًا مُضطربًا بِفِعْل مُقاوَمةِ الهواء.

الطَّيرانُ هو تَحَرُّكُ الحَشَراتِ والطُّيورِ والطائراتِ في الهواء. هنالك قُوًى تُؤثِّر في هٰذه الأَجسامِ فَتَجْعَلُها تَطْفو في الهواء. مَبادِئُ الطيران هي القواعدُ التي تَحْكُمُ حَرَكاتِ الأَجْسام وهي تطيرُ في الهواء. وهي تَرْتَكِزُ على القُوَى الأَرْبع – الرَّفْعِ والدَّفْعِ والمُقاومَةِ والوَزْن – التي تُؤَثِّرُ في جميعِ الأَجْسام الطائرة.

الرَّفْع

السَّطْحُ العلويُّ لِجَناح الطائرة مُقَوَّسٌ، فيما السُّفليُّ أكثَرُ تَسَطُّحًا. ويُسَمَّى هذا الشَّكْلُ سَطْحَ انسِيابٍ رافِعًا. فالهواءُ المُنْسابُ فوق السَّطْحِ العُلْويِّ لِجَناحٍ مُتَحَرِّك يقطعُ بالضرورة مسافةً أكبرَ، وبالتالي بِسُرعةٍ أعلى، من الهواءِ المُنْسابِ على السَّطْحِ السُّفْليّ. ومَعْلومٌ أنَّ ضغطَ الهواءِ يَقِلُّ عندما تَزْدادُ سُرَعَتُه (ظاهِرة بِرْنُولي). فالضغطُ على سَطْحِ الجَناحِ العُلْويّ أقلُّ من الضغطِ الدَّافِعِ صُعُدًا على سَطْحِه السُّفْليّ. والقُوَّةُ المُحصَّلَةُ نتيجةً لذلك تَدْفَعُ الجَناحَ صُعُدًا.

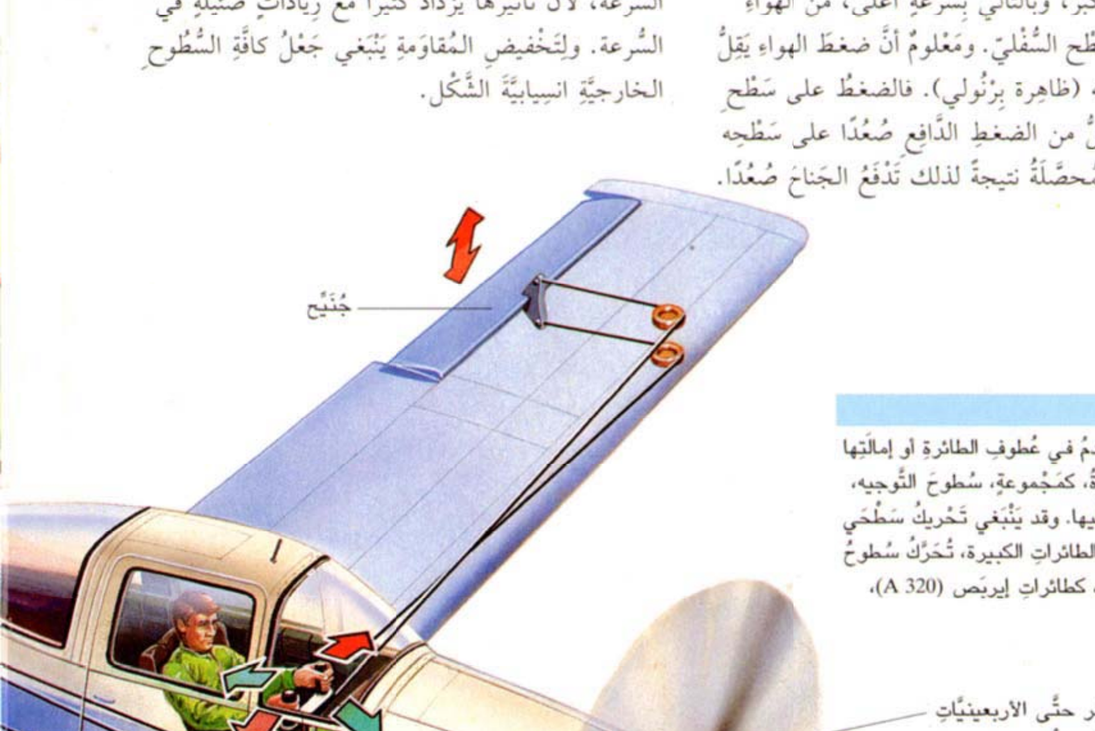


أربَعُ قُوًى تُؤَثِّرُ في طائرةٍ أثناءَ الطَّيران. فالطائرةُ تَطيرُ فقط عندما يكونُ الرَّفْعُ المُخَلَّقُ بالهواءِ السَّاري عَبْرَ الجَناحَيْن، أعْظَمَ من وَزْنِها، وعندما يكونُ دَفْعُ مُحَرِّكاتِها أشَدَّ من مُقاوَمةِ الهواء.

المُقاوَمَة

مُقاوَمَةُ الهواءِ تُبَطِّئُ الطائرة؛ وبازدِيادِ سُرعةِ الطائرة تَزْدادُ هذه المُقاومة.

المُقاوَمةُ مُشْكِلَةٌ ذاتُ شأنٍ عِندَ تَصْميمِ الطائراتِ العالِيَةِ السُّرعة، لأنَّ تأثيرَها يَزْدادُ كثيرًا مع زِياداتٍ ضئيلةٍ في السُّرعة. ولِتَخْفيضِ المُقاوَمةِ يَنْبَغي جَعْلُ كافَّةِ السُّطوحِ الخارجيَّةِ انسِيابِيَّةَ الشَّكل.

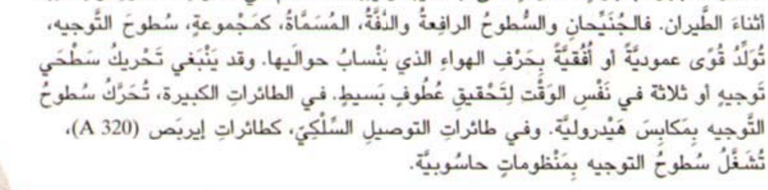


تَوجيهُ الطائرة

الطائرةُ مُجَهَّزةٌ بأجزاءٍ مُتَحَرِّكةٍ على جَناحَيْها وذَيْلِها تُسْتَخْدَمُ في عُطوفِ الطائرةِ أو إمالَتِها أثناءَ الطَّيران. فالجُنَيِّحانِ والسُّطوحُ الرافِعةُ والدَّفَّةُ، المُسَمَّاةُ، كمَجْموعةٍ، سُطوحَ التَّوجيه، تُوَلِّدُ قُوًى عموديَّةً أو أُفُقِيَّةً بِحَرْفِ الهواءِ الذي يَنْسابُ حوالَيها. وقد يَنْبَغي تَحْريكُ سَطْحَي تَوجيهٍ أو ثلاثةٍ في نَفْسِ الوَقْتِ لِتَحْقيقِ عُطوفٍ بَسيطٍ. في الطائراتِ الكبيرة، تُحَرَّكُ سُطوحُ التَّوجيه بِمَكابِسَ هَيْدروليَّة. وفي طائراتِ التوصيلِ السِّلْكِيّ، كطائراتِ إيربَص (A 320)، تُشَغَّلُ سُطوحُ التوجيه بِمَنْظوماتٍ حاسُوبيَّة.

مَراوِحُ الدَّسْر

كانت جميعُ الطائراتِ تُجَهَّزُ بِمَراوِحِ دَسْرٍ حتَّى الأربعينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين. شكلُ المِرْوحةِ أشبَهُ بِسَطْحِ انسِيابٍ رافِعٍ مَثيلٍ للجَناح. وعندما يُدَوِّمُ المُحَرِّكُ المِرْوحةَ، فإنَّها تَبْرُمُ مُخْتَرِقَةً الهواءَ ومُنْتِجَةً الدَّفْع.



العُطوف
تَحْريكُ أحدِ الجُنَيِّحَيْنِ إلى أعلى والآخَرِ إلى أسْفَل يَجْعَلُ الطائرةَ تَنْعطِفُ أو تَميلُ لجانبٍ أو لآخَر.

الخَطْران (هُبوطًا أو صُعودًا)
تَخْفيضُ السُّطوحِ الرافِعةِ يَجْعَلُ مُقَدِّمةَ الطائرةِ تَميلُ سَفْلًا وتَجْعَلُ ذَيْلَها يَرْتَفِع. أمَّا رَفْعُ هذه السُّطوحِ فيَجْعَلُ الذَّيْلَ يَميلُ سَفْلًا والمُقَدِّمةَ ترتفِع.

الإنعِراج
تَحْريكُ الدَّفَّةِ إلى اليَمين يُديرُ مُقَدِّمَةَ الطائرةِ إلى اليَمين. وتَحْريكُها إلى اليَسار يُديرُ المُقَدِّمةَ إلى اليَسار.

الدَّفَّة
دَفْعُ دَوَّاسَةِ الدَّفَّةِ اليُمْنَى يُحَرِّكُ الدَّفَّةَ إلى اليَمين. ودَفْعُ دَوَّاسَةِ الدَّفةِ اليُسْرى يُحَرِّكُ الدَّفَّةَ إلى اليَسار.

عَمودُ القِيادة
دَفْعُ هذا العَمودِ جَيْئَةً وذَهابًا يُحَرِّكُ السُّطوحَ الرافِعةَ؛ ودَفْعُه من جانبٍ لآخَرَ يُحَرِّكُ الجُنَيِّحَيْن.

الدَّفْعُ ومَراوِحُ الدَّسْر

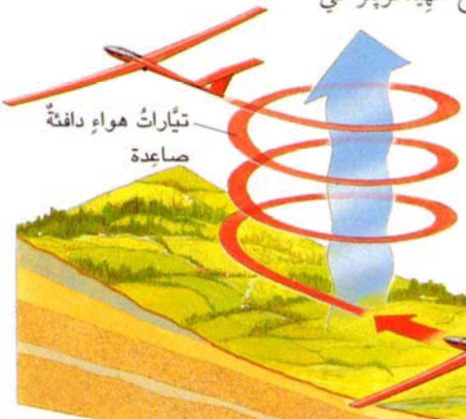
جميعُ الطائراتِ الأوائليَّةِ كانت تَعْمَلُ بِقُدرةِ مُحَرِّكاتٍ كبَّاسيَّةٍ بنزينيَّةِ الوَقُود تُدَوِّمُ مَراوِحَ الدَّسْر. وكُلُّ ريشَةٍ في المِرْوحةِ ذاتُ سَطْحٍ انسِيابٍ رافِعٍ يَخْتَرِقُ الهواءَ مُوَلِّدًا قُوَّةَ دَفْعٍ أماميَّةً بالطريقةِ نفسِها التي يُوَلِّدُ فيها الجَناحُ قُوَّةَ رَفْعٍ إلى أعلى. والكثيرُ من الطائراتِ الحديثةِ مُجَهَّزٌ بِمَراوِحَ مُتَغَيِّرةِ الخُطْوة تَسْتطيعُ تَغْييرَ الزاويةِ التي تَخْتَرِقُ بها الهواء. ويُغَيِّرُ رُبَّانُ الطائرةِ سُرْعَةَ المُحَرِّكِ والخُطوةَ بالطريقةِ نفسِها التي يُغيِّرُ بها الدرَّاجُ تَعْشيقَ تُروسِ الدرَّاجة لِيُدَوِّسَ أسرَعَ أو أبطأَ.

الدَّفْعُ والمُحَرِّكاتُ النفَّاثة

الكثيرُ من الطائراتِ الحديثة يَعْمَلُ بِقُدْرةِ مُحَرِّكاتٍ نفَّاثة. هٰذه المُحَرِّكاتُ التُّرْبينيَّةُ الغازيَّةُ تَحْرِقُ الكيروسينَ كوَقُودٍ مُنتِجَةً دَفْقًا من غازاتِ الإنفِلات يَدْسُرُ الطائرةَ قُدُمًا. وغازاتُ الإنفِلاتِ هذه أيضًا تُدَوِّمُ تُرْبينًا في مُؤخَّرةِ المُحَرِّك يُديرُ بِدَوره ضاغِطًا في المُقَدِّمة. المُحَرِّكاتُ المِرْوحيَّةُ التُّرْبينيَّةُ تَسْتَخْدِمُ بعضًا من هذه القُدْرةِ لِتُديرَ مِرْوحةً. أمَّا المُحَرِّكاتُ التُّرْبينيَّةُ المِرْوحيَّةُ فمُجَهَّزةٌ بِضَواغِطَ ضَخْمةٍ تقذِفُ الهواءَ حوْلَ المُحَرِّكِ لإنتاجِ مُعْظَمِ دَفْعِه.

الهِليكُوبْتَرات (الطوَّافات)

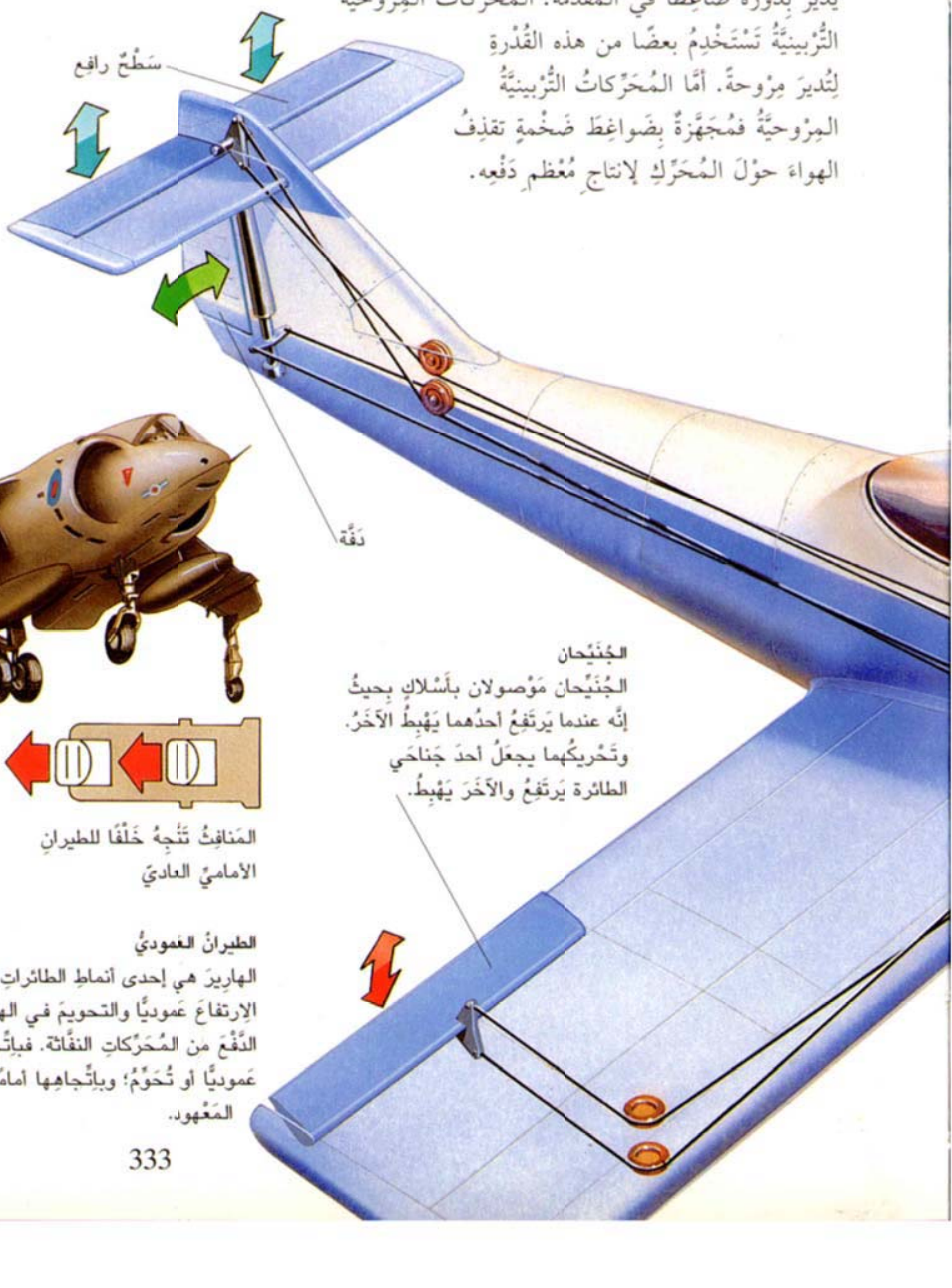
الهِليكُوبْتَراتُ (الطوَّافاتُ أو الطائراتُ العَموديَّة) تَسْتَخْدِمُ أرياشًا دوَّارةً لِتوفيرِ الرَّفْعِ والدَّسْرِ كِلَيْهما. وتَتَّصِلُ ريشتَا دوَّارٍ أو أكثَرَ طويلة بعَمودِ إدارةٍ يَبْرُزُ من أعلى الهليكوبْتر. وكُلُّ ريشَةٍ مُشَكَّلةٌ كجَناحٍ طويلٍ ضَيِّقٍ يُنْتِجُ بالتَّدْويم قُوَّةً عموديَّةً إلى أسْفل. هذه القُوَّةُ العَموديَّةُ تَرْفَعُ الهِليكوبْتَر في الهواء بقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل. أمَّا دوَّارُ الذَّيْلِ الأصغَرُ فيُوفِّرُ قُوَّةً جانبيَّةً تَمْنَعُ تَدَوُّمَ الهِليكوبْتر. وتَستطيعُ الطوَّافةُ التحَرُّكَ في أيِّ اتِّجاه بإمالةِ الدوَّاراتِ الرئيسيَّةِ بحيثُ لا تَعودُ مُوازيةً لِسَطْحِ الأرض.



جَناحا الطائرةِ الشِّراعيَّة يُوَلِّدان رَفْعًا من الهواءِ المُنْسابِ فوقَهُما. وتَسْتطيعُ الطائرةُ الإرتِفاعَ في تيَّاراتِ الهواءِ الدَّافئ ثُمَّ تَنْقَضُّ برِفْقٍ لِتَزيدَ سَرَيانَ الهواءِ فوقَ الجَناحَيْن فتُوَفِّرُ مَزيدًا من الرَّفْع.



▲ أرياشُ دوَّارِ الطوَّافة تُوَفِّرُ الرَّفْعَ والدَّسْرَ كِلَيْهما. ريشَةُ الدوَّارِ ذاتُ شَكْلٍ مَثيلٍ للسَّطْحِ الانسِيابيِّ الرَّافِعِ كجَناحِ الطائرةِ الثابت. وبالتَّدْويمِ يَنْسابُ الهواءُ فوقَ الرِّيشَةِ مُحدِثًا رَفْعًا. وإمالةُ الدوَّارِ بِكامِلِه تُوَفِّرُ الدَّسْر.



الجُنَيْحان

الجُنَيْحان مَوْصولان بِأَسْلاكٍ بِحيثُ إنَّه عندما يَرتَفِعُ أحدُهما يَهْبِطُ الآخَرُ. وتَحْريكُهما يجعَلُ أحدَ جَناحَيِ الطائرة يَرتَفِعُ والآخَرَ يَهْبِطُ.





المَنافِثُ تَتَّجِهُ خَلْفًا للطيرانِ الأماميِّ العاديّ

المَنافِثُ تَدورُ للرَّفْعِ وللطيرانِ الأماميّ

المَنافِثُ تَتَّجِهُ سَفْلًا للإقلاعِ العَموديِّ أو الهُبوط

الطيرانُ العَموديُّ

الهاريِرُ هي إحدى أنماطِ الطائراتِ القليلة الثابتةِ الجَناحَيْن التي تَستطيعُ الارتِفاعَ عَموديًّا والتحويمَ في الهواء. وهي مُجَهَّزةٌ بأربعةِ مَنافِثَ تُوَجِّهُ الدَّفْعَ من المُحَرِّكاتِ النفَّاثة. فباتِّجاهِ المَنافِثِ سَفْلًا، تَتَحَرَّكُ الطائرةُ عَموديًّا أو تُحَوِّمُ؛ وباتِّجاهِها أمامًا، تَطيرُ الطائرةُ تَقليديًّا – بالشَّكْلِ المَعْهود.

اُنْظُر أيضًا

الحَشَرات ص 75 – 77
الطُّيور ص 84 – 85
المُحَرِّكاتُ النفَّاثةُ والتُّرْبيناتُ الغازيَّة ص 226 – 227
القُوَى ص 290 – 291
الضَّغْط ص 311

الطَّيرانُ فوقَ الصَّوتيّ

طائراتُ السُّرعةِ فوقَ الصَّوتيَّة تَسْتطيعُ الطَّيرانَ بِسُرعاتٍ تَفُوقُ سُرْعَةَ الصَّوت – التي تَبْلُغُ، في مُسْتَوى سَطْح البَحْر، حوالى 1200كم/ سا. وتَخْتلِفُ تَصاميمُ هٰذه الطائراتِ عن تَصاميمِ الطائراتِ ذاتِ السُّرْعةِ دُونَ الصوتيَّة.



سپِتْفايْر، طِراز 1941. بلغَتْ سُرْعتُها 563 كم/سا أو 0,53 ماخ



مسِرْشمِتْ (ME 262)، طِراز 1944. بلغَتْ سُرعتُها 885 كم/سا أو 0,83 ماخ



بِل(XS-1)، طِراز 1957. بلغَتْ سُرعتُها 1078 كم/سا أو 1,02 ماخ



كونْكُورْد، طِراز 1966. بلغَتْ سُرعتُها 2494 كم/سا أو 2,03 ماخ



لوكْهيد (SR - 71)، طِراز 1971. بلغَتْ سُرعتُها 3529 كم/سا أو 3,30 ماخ

تزايدَتْ سُرْعةُ الطائرات سريعًا بين أربعينيَّاتِ وسَبْعينيَّاتِ القَرْن العِشْرين. ومع تَزايُدِ الرَّفْع ومُقاوَمةِ الهواء مع تَزايُدِ السُّرعةِ أصبحَتِ الأجنِحَةُ أصغَرَ وأرْفَعَ وأكثَرَ امتِدادًا إلى الخَلْف لِخَفْضِ المُقاوَمة.

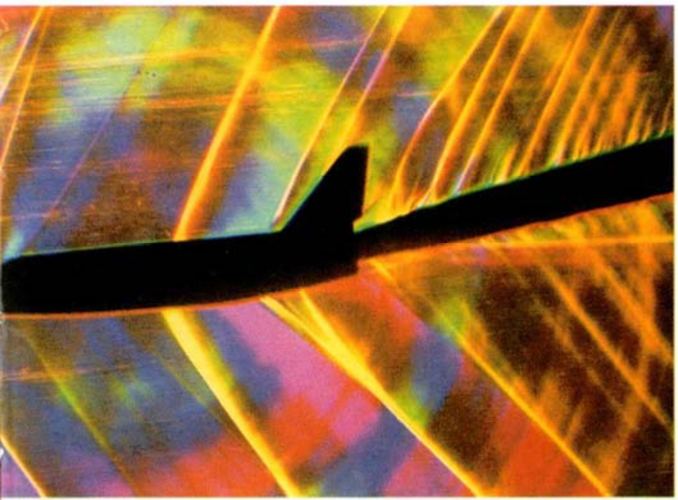
أوائل الأربعينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين حَقَّقتِ الطائراتُ المُقاتِلَةُ المِرْوحِيَّةُ المُحَرِّكاتِ سُرعاتٍ فاقَتْ 1000 كم/ سا خِلالَ الإنقِضاضاتِ الشَّديدةِ الإنحِدار. وقد لاحَظَ الرَّبابِنَةُ دَفَدفاتٍ ارتجاجِيَّةً عنيفةً تكادُ تَخْلَعُ الأجنِحةَ من طائراتِهم. وقد تَحَقَّقَ العُلَماءُ من أنَّ سبَبَ هذه الظاهِرةِ هو مُقارَبَةُ الطائراتِ سُرْعةَ الصَّوت في انطِلاقِها.

جِدارُ الصَّوت

تُشَوِّشُ الطائرةُ المُنْسابةُ الهواءَ أثناءَ طيرانِها، وتُرسِلُ أمواجًا ضَجيجيَّةً ضِغاطِيَّةً تَنْطلِقُ بِسُرعةِ الصوت بَعيدًا عنها في جميعِ الإتِّجاهاتِ. وعندما تبلُغُ سُرْعَةُ الطائرةِ سُرْعَةَ الصوت، فإنَّ الأمواجَ الضِّغاطِيَّةَ لا تَسْتطيعُ تَجاوُزَها. فتَتراكمُ الأمواجُ الصوتيَّةُ أمامَها كطبَقةٍ كثيفةٍ من الهواءِ المَضْغوط تُسَمَّى مَوْجَةً صَدْمِيَّةً.

وكي تَتجاوزَ الطائرةُ سُرْعَةَ الصَّوت، على الرُّبانِ أن يَخْتَرِقَ هذا الحاجِزَ (الجِداريَّ) ويَتجاوَزَه. وتَحْدُثُ رَجَّةٌ عندَ اختِراقِ الطائرةِ هذا الحاجِزَ (جدارَ الصوت) لأنَّ مُقاوَمَةَ الهواءِ تَزْدادُ فيما يَنْقُص الرَّفْعُ فَجْأةً. وما إنْ تَعْبُرَ الطائرةُ هذا الجِدارَ تاركةً المَوْجةَ الصدميَّةَ خلْفَها حتَّى يَعودَ الطيرانُ ثانيَةً إلى سَلاسَتِه.

الطائرةُ التي تَطيرُ بِسُرعاتٍ فوقَ صوتيَّةٍ، تُخَلِّفُ خَضْرَبَةً من الأمواجِ الصَّدْمِيَّةِ في أثَرِها. وعندما تَبْلُغُ هٰذه الأمواجُ من الهواءِ العالي الإنضِغاطِيَّةِ الأرضَ تُسْمَعُ كانفِجارٍ عميقٍ يُسَمَّى دَوِيَّ اختِراقِ جِدارِ الصَّوت.



نَموذَجٌ من مَكُّوك ناسا (الهيئة الوطنيَّة لإدارة أبْحاثِ المِلاحةِ الجَوِّيَّة والفَضاء) بأمريكا في اختِبارِ نَفَقٍ هوائيٍّ للسُّرعات فوقَ الصوتيَّة. التصويرُ الفُوتوغْرافيّ بِتِقانَةِ شْلِرِن يُبَيِّنُ مَواقِعَ تكَوُّنِ الأمواجِ الصَّدْميَّة.

الرَّقْمُ الماخيّ

تعتَمِدُ سُرعةُ الصَّوت على درجَةِ حرارةِ الهواءِ وضَغْطِه ورُطوبَتِه. وقد تَتبايَنُ درجةُ الحرارة من 35°س على مَقْرُبَةٍ من سَطْح الأرض إلى – 55°س في أعالي الستراتوسْفير. وهكذا فإنَّ السُّرعةَ اللاَّزمةَ لإختِراقِ الطائرةِ جدارَ الصوت تَتأثَّرُ بالظروفِ المَحلِّيَّةِ حوالَيها. هذه السُّرْعَةُ المَحلِّيَّةُ لِلصَّوت هي قِيمةُ الرَّقْمِ الماخيِّ 1,0 ماخ.

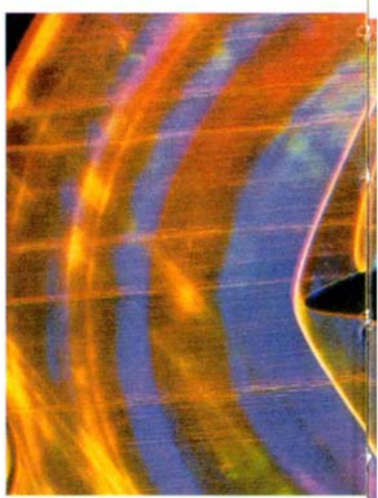
وأيُّ سُرعةٍ تَزيدُ على 1,0 ماخ هي سُرعةٌ فوق صَوتيَّة – تَراوح بين 1240 كم/ سا على مُسْتَوى سَطْح البَحْر إلى حوالى 1060 كم/ سا على ارتِفاعِ 13 000 مِتْر في أعالي الجَوّ.

سُرْعاتٌ دُون صَوتيَّة وفَرْط صَوتيَّة

السُّرْعاتُ دُون الصوتيَّةِ هي دُون 0,8 ماخ – وهي السُّرعةُ التقريبيَّةُ لِطائراتِ الرُّكَّابِ النفَّاثةِ العاديَّة. والسُّرعاتُ حوْلَ الصوتيَّة تتراوَحُ بين 0,8 وَ 1,2 ماخ. أمَّا السُّرْعاتُ فَرْطُ الصوتيَّة فتَفُوق 5 ماخ.



أثناءَ طيرانِ الطائرة تَنْتشِرُ الأمواجُ الصوتيَّةُ منها بِسُرعةِ الصوت. وعندما تَبْلُغُ الطائرةُ ذاتُها سُرعةَ الصوت «1,0 ماخ» تَتراكَمُ الأمواجُ الصوتيَّةُ هٰذه أمامَها. أمَّا فوقَ سُرعةِ الصوت، فتُكَوِّنُ هذه الأمواجُ مَوْجَةً صَدْمِيَّةً تَصِلُ إلى سَطْح الأرض وتُسْمَعُ كدَوِيٍّ صوتيٍّ قد يكونُ من القُوَّةِ بحَيْثُ يُكَسِّرُ زُجاجَ النوافِذ.



عام 1967، حقَّقتِ الطائرةُ الصَّاروخيَّةُ الأمريكيَّة (X-15) سُرعاتٍ بلغَتْ حوالى 7200 كم/سا مُحطِّمةً كُلَّ الأرقامِ القياسيَّة السَّالفة. فذَيْلُها الإسفينيُّ الشَّكل وجَناحاها القَصيران السَّميكان كانت قد صُمِّمَتْ للطيرانِ على ارتفاعاتٍ تُقارِبُ 100 كم.

الكُونكُورْد والطائراتُ المُقاتِلَةُ هي طائراتٌ فوق صوتيَّة؛ ومَكُّوكُ ناسا الفَضائيُّ يَدْخُلُ جَوَّ الأرض بِسُرعاتٍ فَرْط صوتيَّة تَبْلُغُ حوالى 20 ماخًا.

أجنِحَةٌ للطيرانِ فوقَ الصوتيِّ

تضاعَفَت السُّرعاتُ القُصْوَى للطائراتِ الأَسْرَعِ في العالَم أكثَرَ من ستَّةِ أضعاف بين العام 1940 ونهايةِ القَرْنِ العِشْرين. وكانت أوَّلُ طائرةٍ تُحَطِّمُ جِدارَ الصَّوت هي الطائرةَ الصاروخيَّةَ بِل (X-1) عام 1947. وقد حصَلَ العلماءُ على مَعْلوماتٍ من الطيرانِ فوقَ الصوتيِّ الأوَّليِّ ساعدتْهُم على تَصْميمِ طائراتٍ أسْرَعَ.

في التصاميمِ اللاحِقَةِ ارتدَّتِ الأجنِحَةُ خَلْفًا حتّى اتَّصلَتْ بالذَّيْلِ مُكَوِّنَةً سَطْحًا واحدًا، هو الجناحُ المُثَلَّثيُّ الذي أسْهَمَ في جَعْلِ الطائرةِ أكثَرَ انسيابيَّةً. كذلك فإنَّ الجناحَ المُثَلَّثيَّ يَتلاءَمُ بِتَوافُقٍ مُستكِنٍّ داخِلَ المَوْجةِ الصدميَّةِ فوقَ الصوتيَّة، بحيثُ تَستطيعُ الطائرةُ عُبورَ جِدارِ الصَّوت بالحَدِّ الأدْنى من الدَّنْدَفَة.

الأجنِحَةُ المُتحَرِّكة

بعضُ المُقاتِلاتِ فوقَ الصوتيَّةِ مُجَهَّزَةٌ بأجنِحَةٍ يُمكِنُها التَّحَرُّكُ أمامًا وخَلْفًا؛ وكلا الجَناحَيْنِ مُتَّصِلٌ بِمِحْورٍ في هَيْكَلِ الطائرة. عند الإقلاعِ أو الهُبوط، يَبْرُزُ الجَناحان خارِجَ جِسْمِ الطائرة لِيُوفِّرا رَفْعًا أقْصَى. وأثناءَ الطيرانِ بِسُرعاتٍ حوْلَ أو فوقَ الصوتيَّةِ يَنْتَقِل الجَناحان مُرْتَدَّيْن إلى مَوقعٍ خَلْفيٍّ مُكَوِّنَيْن شَكْلًا مُثَلَّثيًّا خفيضَ المُقاوَمة.

مُحطِّماتُ الأَرقامِ القِياسيَّة

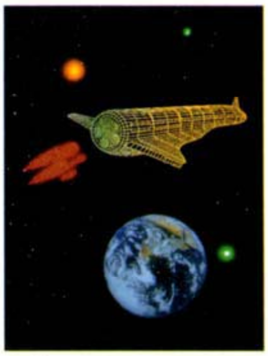
أَسْرَعُ طائرةٍ مُجَنَّحَةٍ هي الطائرةُ بِل (X-15) الصَّاروخيَّةُ الدَّسْر، التي تَمَّ صُنْعُها عام 1959. فقد حَقَّقَتْ سُرْعةً بلَغَتْ 6,72 ماخ عام 1967. هذا الرَّقْمُ القياسيُّ لا يَزالُ صامِدًا بِسَبَبِ غِيابِ التَّنافُسِ بين البُلدان لِتَحْطيمِ الرَّقْمِ القياسيِّ للسُّرعَةِ الهوائيَّة. أَسْرَعُ طائرةٍ نفَّاثةٍ هي اللُّوكْهيد (SR-71)، التي بُنِيَتْ أصلًا كطائرةِ تَجَسُّس. وقد حَقَّقتْ سُرْعَةَ 3,3 ماخ عامَ 1971. ورُغْمَ أنَّها لم تَعُدْ تُسْتَخْدَمُ للأغراضِ العَسْكريَّة، فإنَّها لا تزالُ تُسْتَخْدَمُ للدِّراساتِ العِلْميَّةِ في طَبَقاتِ الجَوِّ العُلْيا.

المُسْتقبل

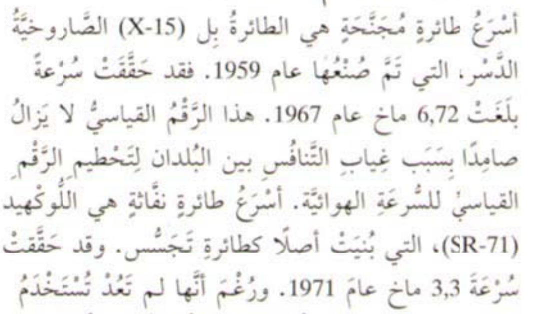
الكونكُورْد هي طائرةُ الرُّكَّابِ الوَحيدةُ فوقَ الصَّوتيَّة. وما تَجْنيه من أُجورِ السَّفَرِ ضئيلٌ جِدًّا بالمُقارَنَةِ مع تكاليفِ تَصاميمِها وبنائها. وهُنالك خُطَطٌ لِتَصْنيعِ طائراتِ رُكَّابٍ فَرْط صوتيَّة يُمكِنُها الطيرانُ إلى أعالي الفَضاءِ وعُبورُ المُحيطِ الأَطْلسيِّ في أقَلَّ من ساعةٍ.

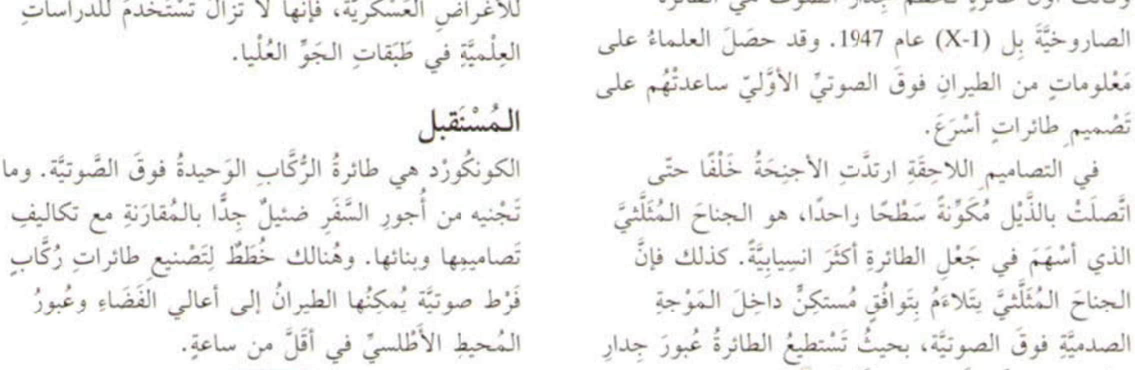


مُحَرِّكٌ صاروخيٌّ سائليُّ الوَقُود (قُوَّةُ الدَّسْرِ تَفوقُ 000 250 ن)



طائراتُ الإقلاعِ والهُبوطِ الأُفُقيِّ قد تكونُ وسائلَ نَقْلٍ فَرْط صوتيَّة في المُسْتَقبل. وبطيرانِها خارِجَ الغِلافِ الجوِّيّ، فإنَّ هذه الطائراتِ سَتَسْتَخْدِمُ الأُكسجينَ السَّائلَ لِحَرْقِ الوَقُود في مُحَرِّكاتِها.





سيَّارةُ الدَّفْعِ فوق الصوتيَّةُ تُدْسَرُ بِمُحَرِّكَيْ مُقاتِلَةٍ نفَّاثة. وفي العام 1988 أصبحتْ أوَّلَ مَرْكبةٍ أرضيَّةٍ تَخْتَرِقُ جِدارَ الصوت. الأمواجُ الصَّدميَّةُ تَتَراكَمُ أمامَها وهي تُقارِبُ سُرعَةَ الصوت – تَمامًا كما يَحْدُثُ في الطَّيران فوقَ الصوتيّ. المَرْكبةُ فوقَ الصوتيَّة لا يُمكِنُ سَماعُها وهي قادِمَةٌ نَحْوكَ لأنَّ كُلَّ الصَّوتِ الذي تُصْدِرُه مُكَثَّفٌ في المَوْجَةِ الصَّدْميَّةِ التي تُخَلِّفُها وَراءَها.

أُنْظُر أيضًا

الطيُور ص 84 – 85
المُحَرِّكاتُ النفَّاثة والتُّربينات الغازيَّةُ 226 – 227
القُوَى ص 290 – 291
النِّسْبيَّةُ والجاذبيَّة ص 298 – 299

حَقائقُ وأَرقام

الحَرَكة

السُّرْعة

السُّرْعةُ هي مُعَدَّلُ الحَرَكةِ التي يَنْتَقِلُ بها الجِسْم – أي المَسافةُ التي يَقْطعها الجِسْمُ في وَحْدةِ الزَّمَن. فالجِسْمُ الذي يَقْطعُ مِترًا (1 م) في كُلِّ ثانية تكونُ سُرْعَتُه مِترًا في الثانية (1 م/ث)

$$\text{السُّرْعة(م/ث)} = \frac{\text{المَسافة المَقطوعة (م)}}{\text{الزَّمَن المُسْتَغرق (ث)}}$$

السُّرْعة الإتِّجاهيَّة

السُّرْعةُ الإتِّجاهيَّةُ تُحَدِّدُ سُرْعَةَ الجِسْمِ والإتِّجاهَ الذي يَتحَرَّكُ فيه. فالسيَّارةُ الدائرةُ حولَ مُنْعَطفٍ بِسُرْعة 10 م/ث لَيْسَ لها سُرعةٌ اتِّجاهيَّةٌ ثابتةٌ لأنَّ اتجاهَها يَتغَيَّرُ في كُلِّ لَحْظة.

التَّسارُع

التَّسارُعُ قياسٌ لِكَمِّيَّةِ تَغَيُّرِ السُّرْعةِ الإتِّجاهيَّةِ للجِسْم. فالجِسْمُ الذي تَتغَيَّرُ سُرْعَتُه مِترًا في الثانية في كُلِّ ثانية يكونُ تَسارُعُه مِترًا في الثانية في الثانية (1 م/ث^2):

$$\text{التَّسارُع (م/ث}^2\text{)} = \frac{\text{تغَيُّر السُّرعة (م/ث)}}{\text{الزَّمَن المُسْتَغرق (ث)}}$$

خصائصُ المادَّة

العَطالة (القُصورُ الذاتيُّ) خاصَّةٌ أساسيَّةٌ في المادَّةِ تجعَلُها تُقاوِمُ جُهودَ تَغْيِيرِ سُرْعَتِها الإتِّجاهيَّة.

كَمِّيَّةُ التحَرُّك (الزَّخْم) تُحتَسَبُ بحاصِلِ ضَرْبِ كُتلةِ الجِسْم بالكيلوغرام في سُرْعَتِه بالمِتْر في الثانية.

كَمِّيَّةُ التحَرُّك (كغ م/ث) = الكُتلة (كغ) × السُّرعة (م/ث)

القُوَّةُ والطَّاقةُ والشُّغْلُ والقُدْرة

القُوَّة القُوَّةُ تُغَيِّرُ كَمِّيَّةَ تَحَرُّكِ الجِسْم؛ ووَحْدتُها النيوتُن (ن). قُوَّةُ النيوتن الواحد (1 ن) تجعَلُ كتلةَ الكيلوغرام (1 كغ) تَتسارَعُ بِمِقْدار مِتْرٍ في الثانية في الثانية (1 م/ث^2).
القُوَّة (ن) = الكُتلة (كغ) × التَّسارُع (م/ث^2)

الطاقة وَحْدةُ الطاقة هي الجُول (ج). الـ 10 جُول من الطاقة تَرْفَعُ كُتْلةَ كيلوغرام (1 كغ) عموديًّا إلى أعلى ضِدَّ قُوَّةِ الجاذبيَّة بما يَزيدُ قليلًا على المِتْر (1 م).

الشُّغْل وَحْدةُ الشُّغْل هي الجُول (ج). يُبْذَلُ شُغْلٌ عندما تَتحَوَّلُ الطاقةُ من شَكْلٍ إلى آخر. يُبْذَلُ شُغْلٌ مِقْدارُه جول واحد (1 ج) عندما تَتحَرَّكُ قُوَّةُ نيوتُن واحِد (1 ن) مَسافةَ مِتْرٍ واحِد (1 م).
الشُّغْل (ج) = القُوَّة (ن) × المَسافة (م)

القُدْرة وَحْدةُ القُدْرة هي الواط. والقُدْرةُ هي مُعَدَّلُ بَذْلِ الشُّغْل أو المُعَدَّل الذي يتَحَوَّلُ فيه شَكْلٌ من الطاقة إلى آخر. فالمكِنَةُ التي تُحَوِّلُ جُولًا واحدًا من الطاقة في الثانية تَكونُ قُدْرتُها واطًا واحدًا.

قوانينُ نيوتُن للحَرَكة

القانونُ الأوّل

يَبْقَى الجِسْمُ مُسْتَقِرًّا في سُكُونه أو يَسْتَمِرُّ في تَحرُّكِه بِسُرعةٍ ثابتة ما لم تُؤثِّر فيه قُوَّةٌ خارجيَّة – دَفْعًا أو جَرًّا.

القانونُ الثاني

مُعَدَّلُ تغيُّرِ كمِّيَّة تَحرُّك الجِسْم يتناسبُ طَرْديًّا مع القُوَّةِ المُسَبِّبة ويَتِمُّ في اتِّجاهِها.

القانونُ الثالث

إذا بذَلَ جِسْمٌ قُوَّةً على جِسْم آخر، فإنَّ الجِسْمَ الثاني يَبْذُلُ قُوَّةً مُساويةً ومُضادَّةً (قُوَّة رَدِّ الفِعْل) على الأوَّل.

السُّرْعَة

مِتْر في الثانية	كيلومتر في السَّاعة	مِيل في السَّاعة (مِيل/سا)
10	36	22
20	72	45
30	108	67
50	180	112
100	360	224
200	720	447
500	1800	1119
1000	3600	2237

كيلومتر في السَّاعة	مِتْر في الثانية	ميل في السَّاعة
10	2,8	6,2
20	5,6	12
30	8,3	19
50	14	31
100	28	62
500	139	311
1000	278	621

كَمِّيَّات الطاقة

5 ج = الشُّغْلُ المَبْذولُ لِغَلْقِ باب

20 ج = الشُّغْلُ المَبْذول لِرَمْيِ كُرَةٍ

1000 ج (1 كج «كيلوجُول») = الشُّغْلُ المَبْذول لارتقاءِ الدَّرجاتِ بين بَسْطَتَين

4000 (4 كج) = الطاقةُ الكهربائيَّةُ في بطَّاريَّة (AA) نَمُوذجيَّةٍ مَشْحونةٍ بالكامل

40 000 ج (40 كج) = الطاقةُ الحراريَّةُ اللّازمة لإغلاءِ كُوبٍ من الماء

120 000 ج (120 كج) = الطاقةُ الكيماويَّةُ في مِلْعَقةِ سُكَّرٍ صغيرة

300 000 ج (300 كج) = الطاقةُ لكهربائيَّةُ في بَطَّاريَّةِ سيَّارة

34 000 000 ج (34 ميغاج) = الحرارةُ المُنْبَعِثَة من حَرْقِ لِتْرٍ من البِنْزين

كَمِّيَّاتُ القُوَّة

5 ن = قُوَّةُ الدَّفعِ اللّازمةُ لِكَبْسِ مِقْلاد (مفتاح) النُّور

8 ن = القُوَّةُ اللّازمةُ لِمُسارعة كُتلةٍ 4 كغ بِمُعدَّل 2 م/ث^2

9,8 ن = قُوَّةُ الجاذبيَّة التي تَشُدُّ سَفْلًا على كُتْلةٍ 1 كغ

20 ن = قُوَّةُ الشَّدِّ اللّازمةُ لِفَتْحِ عُلْبةِ شرابٍ مَعدِنيَّة

2000 ن = قُوَّةُ ضربِ كُرَةِ تَنِس بالمِضْرب بِشِدَّة

5000 ن = القُوَّةُ من مُحَرِّكِ سَيَّارة

200 000 ن = القُوَّةُ من مُحَرِّكٍ نفَّاثٍ

كَمِّيَّاتُ القُدْرة

1 واط = صَمَجةُ (لَمْبَة) مِصْباح الجَيب

60 واطًا = صَمَجةُ مِصباح كهربائيّ

250 واطًا = مُحَرِّكُ غسَّالةٍ كهربائيَّة

300 واط = إرتِقاءُ دَرَجٍ رَكْضًا

1000 واط (1 كواط) = فَهْدٌ يَعْدُو بكُلِّ قُوَّته

35 000 واط (35 كواط) = مُحَرِّكُ سيَّارةٍ صغيرة

250 000 واط (250 كواط) = تُرْبين هوائيّ كبير

500 000 000 واط = (500 ميغاواط) = مَحطَّة صغيرة لتَوليدِ القُدْرة

2 000 000 000 واط (2000 ميغاواط) = مَحطَّةُ تَوليد قُدرة نموذجيَّة تعمَلُ بوَقْدِ الفَحْم

20 000 000 000 واط (20 000 ميغاواط) = أكبر مَحطَّة لِتَوليد القُدْرة في العالَم (على نَهْر تَنْغوسْكا السُّفْليّ، في روسيا)

تواريخُ رئيسيَّة

1586 الأوزانُ المُخْتَلِفةُ تَسْقُطُ بالسُّرعةِ نفسِها في الفَراغ – أثبتَ التَّجْربةَ الرياضيُّ الهولنديُّ سْتِڤينوس.

1647 العالِمُ الفرَنْسيُّ بْليز پَسْكال يكتشِفُ أنَّ الضغطَ على عُمْقٍ تحتَ الماء يُؤثِّرُ في جميعِ الإتِّجاهات.

1668 مَبْدأُ حِفْظِ كمِّيَّةِ التحَرُّك يَكْتَشِفُه الرِّياضيّ الإنكليزيُّ جُون وَالاس.

1684 قانونُ الجاذبيَّة يَصُوغُه العالِمُ الإنكليزيُّ إسحَق نيوتُن.

1842 مَبدأُ حِفْظِ الطاقة – أساس القانون الأوّل للدِّيناميَّات الحراريَّة – يكتَشِفُه الفيزيائيُّ الألمانيُّ جُوليُوس ڤونْ مايَر (وبِصُورةٍ مُسْتَقِلَّةٍ أيضًا الفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس جُول).

1850 القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة يَصوغُه الفيزيائيُّ والكيميائيُّ الألمانيُّ رُودُولف كلوسْيُوس.

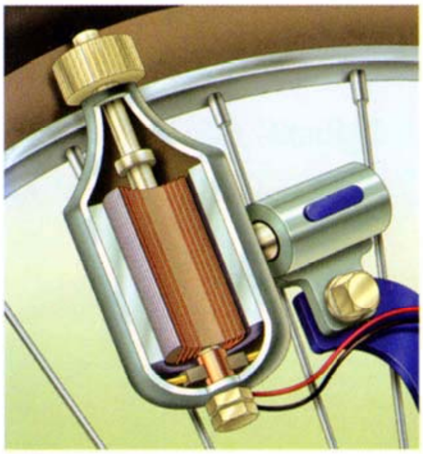
1856 مُصْطلَح «طاقة الحَرَكة» يَبْتَكِره الفيزيائيُّ البريطانيُّ ولْيَم طومْسُون.

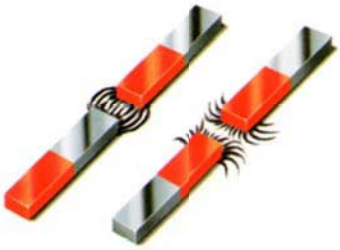
1905 القانونُ الثالث للديناميَّاتِ الحراريَّة يَصوغُه الفيزيائيُّ والكيميائيُّ الألمانيّ هِرْمان نِرْنْست.

1926 أوَّلُ تَجْربةِ طيرانٍ لِصاروخٍ يعمَلُ بالوَقُودِ السَّائل يُحَقِّقُها المُهَنْدسُ الأمريكيُّ روبَرْت غودارْد.

1931 مُقِرَّاتٌ جيروسكوبيَّةٌ للسُّفُن يَخْتَرِعُها المُهَنْدسُ الأمريكيّ إلْمَر سْپِري.

1947 إختِراقُ جِدارِ الصَّوت يُحَقِّقُه الطيَّارُ الأمريكيُّ تْشَكْ ييغر.

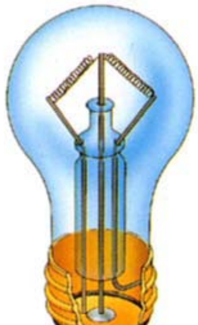






الفَصْلُ الثامِن

الكهرباءُ والإلِكْترونيَّات



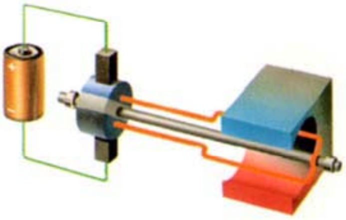


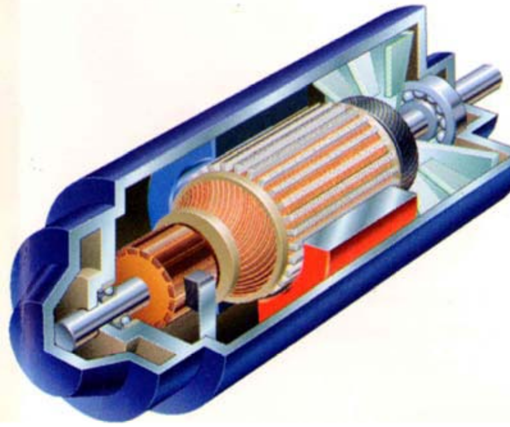
الكَهْرباءُ تُحيطُ بِنا من كُلِّ جانِبٍ بِتَواجُدِها في الشِّحْناتِ الكهربائيَّةِ للجُسَيْماتِ دُونَ الذرِّيَّةِ الدَّقيقةِ المُسَمّاة إلِكْترونات. هذه الإلكْتروناتُ تَنْتَقِلُ، في ظُروفٍ مُعَيَّنة، من ذَرَّةٍ إلى أُخرى في تيَّارٍ كَهْربائيّ. ورُغْمَ أنَّ فلاسِفَةَ الإغريق أدركوا قُدْرةَ الكَهْرباءِ السَّاكِنَةَ منذُ قُرابَةِ العام 600 ق.م، فإنَّ العُلماءَ لَمْ يَبْدأوا بتَفَهُّمِ طبيعةِ الكهرباء حتَّى القَرْنَيْن الثامِنَ والتاسِعَ عَشَر. وَقد توَصَّلوا بأبْحاثِهم ودِراساتِهم إلى طرائق تَوليدِ الكَهْرباء والإفادةِ من التيَّارات الكَهْربائيَّة.



وقد بلَغَتْ إنجازاتُ رُوّادِ الكَهْربائيَات حَدًّا بحيثُ إنَّه يَتعَذَّرُ تَصوُّرُ عالَمٍ بدونِ كهرباء. فالكثيرُ من وسائلِ التدفئةِ والإنارةِ والقُدْرةِ في العالَم تَعْتَمِدُ على الكَهْرباء. وبدونِ الكهرباءِ ما كانت توجَدُ حَواسيبُ ولا راديواتٌ ولا تِلْفِزيوناتٌ ولا مَرْكَباتٌ فَضَائيَّة. حتَّى السيَّاراتُ التي تَسيرُ بدَفْعِ مُحَرِّكاتٍ لاكَهْربائيَّةٍ داخليَّةِ الاحتِراق تَعْتَمِدُ على الكَهْرباءِ لإطلاق الشَّرَر من شَمْعاتِها وإشعال مَزيج الوَقُود في مُحَرِّكاتِها - إضافةً إلى تَزْويدِ مَصابيحِها والكثيرِ من مَضابِطِها بالقُدْرة. إنَّ من الحَقِّ القَوْلَ إنَّ الكهرباءَ هي أهمُّ مصادرِ القُدْرة في العالَم المُعاصِر. وستَظَلُّ كذلك مُستَقْبلًا - عِلْمًا أنَّ بعضَ وسائلِ تَوليدِ الكَهْرباء ونَقْلِها إلى حيثُ يُحتاج إليها سَتَتغيَّرُ وتَتَحَسَّن.











حَقائقُ وأَرقام

الحَرَكة

السُرْعَة

السُّرْعَةُ هي مُعَدَّلُ الحَرَكَةِ التي يَنْتَقِلُ بها الجِسْم – أي المَسافةُ التي يَقْطعها الجِسْمُ في وَحْدَةِ الزَّمَن. فالجِسْمُ الذي يَقْطعُ مِترًا (1 م) في كُلِّ ثانيةٍ تكونُ سُرعَتُه مِترًا في الثانية (1 م/ث)

$$\text{السُّرْعَة(م/ث)} = \frac{\text{المَسافة المَقطوعة (م)}}{\text{الزَّمَن المُسْتَغرق (ث)}}$$

السُّرْعةُ الإتّجاهيّة

السُّرْعَةُ الإتّجاهيَّةُ تُحَدِّدُ سُرْعَةَ الجِسْمِ والإتّجاهَ الذي يَتحَرَّكُ فيه. فالسيّارةُ الدائرةُ حولَ مُنْعَطفٍ بِسُرْعة 10 م/ث لَيْسَ لها سُرعةٌ اتّجاهيَّةٌ ثابتةٌ لأنَّ اتجاهَها يَتَغَيَّرُ في كُلِّ لَحْظة.

التَّسارُع

التَّسارُعُ قياسٌ لِكَمِّيَّةِ تَغَيُّرِ السُّرْعةِ الإتّجاهيَّةِ للجِسْم. فالجِسْمُ الذي تَتَغَيَّرُ سُرْعَتُه مِترًا في الثانية في كُلِّ ثانيةٍ يكُونُ تَسارُعُه مترًا في الثانية في الثانية (1 م/ث^2):

$$\text{التَّسارُع (م/ث}^2\text{)} = \frac{\text{تغَيُّر السُّرعة (م/ث)}}{\text{الزَّمَن المُسْتَغْرق (ث)}}$$

خصائصُ المادَّة

العَطالةُ (القُصورُ الذاتيُّ) خاصَّةٌ أساسيَّةٌ في المادَّةِ تجعَلُها تُقاوِمُ جُهودَ تَغْييرِ سُرْعَتها الإتّجاهيَّة.

كَمِّيَّةُ التحَرُّك (الزَّخْم) تُحتَسَبُ بحاصِلِ ضَرْبِ كُتلة الجِسْم بالكيلوغرام في سُرْعَتِه بالمِتْر في الثانية.

كَمِّيَّةُ التحَرُّك (كغ م/ث) = الكُتلة (كغ) × السُّرعة (م/ث)

القُوَّةُ والطّاقةُ والشُّغْلُ والقُدْرة

القُوَّة القُوَّةُ تُغَيِّرُ كَمِّيَّةَ تحَرُّكِ الجِسْم؛ ووَحْدتُها النيوتُن (ن). قُوَّةُ النيوتن الواحد (1 ن) تجعَلُ كتلةَ الكيلوغرام (1 كغ) تَتسارَعُ بمِقْدارِ مِتْرٍ في الثانيةِ في الثانية (1 م/ث^2).

القُوَّة (ن) = الكُتلة (كغ) × التَّسارُع (م/ث^2)

الطاقة وَحْدةُ الطاقة هي الجُول (ج). الـ 10 جُول من الطاقة تَرْفَعُ كُتْلةَ كيلوغرام (1 كغ) عموديًّا إلى أعلى ضِدَّ قُوَّةِ الجاذبيَّة بما يَزيدُ قليلًا على المِتْر (1 م).

الشُّغْل وَحْدةُ الشُّغْل هي الجُول (ج). يُبْذَلُ شُغْلٌ عندما تَتحَوَّلُ الطاقةُ من شَكْلٍ إلى آخر. يُبْذَلُ شُغْلٌ مِقْدارُه جول واحِد (1 ج) عندما تَتحَرَّكُ قُوَّةُ نيوتُن واحِد (1 ن) مَسافةَ مِتْرٍ واحِد (1 م).

الشُّغْل (ج) = القُوَّة (ن) × المَسافة (م)

القُدْرة وَحْدةُ القُدْرة هي الواط. والقُدْرةُ هي مُعَدَّلُ بَذْلِ الشُّغْل أو المُعَدَّل الذي يتَحَوَّلُ فيه شَكْلٌ من الطاقة إلى آخر. فالمكِنَةُ التي تُحَوِّلُ جُولًا واحدًا من الطاقة في الثانية تَكُونُ قُدْرتُها واطًا واحدًا.

قوانينُ نيوتُن للحَرَكة

القانونُ الأوّل

يَبْقَى الجِسْمُ مُسْتَقِرًا في سُكُونه او يَسْتمِرُّ في تَحرُّكِه بِسُرعَةٍ ثابتة ما لم تُؤثِّر فيه قُوَّةٌ خارِجيَّة – دَفْعًا او جَرًّا.

القانونُ الثاني

مُعَدَّلُ تغيُّرِ كمِّيَّة تَحرُّك الجِسْم يتناسبُ طَرْديًّا مع القُوَّة المُسَبِّبة ويَتِمُّ في اتِّجاهِها.

القانونُ الثالث

إذا بذَلَ جِسْمٌ قُوَّةً على جِسْمٍ آخر، فإنَّ الجِسْمَ الثاني يَبْذُلُ قُوَّةً مُساويةً ومُضادَّةً (قُوَّة رَدِّ الفِعْل) على الأوَّل.

السُّرْعَة

مِتْر في الثانية	كيلومتر في السّاعة	ميل في السّاعة (ميل/سا)
10	36	22
20	72	45
30	108	67
50	180	112
100	360	224
200	720	447
500	1800	1119
1000	3600	2237

كيلومتر في السّاعة	مِتْر في الثانية	ميل في السّاعة
10	2,8	6,2
20	5,6	12
30	8,3	19
50	14	31
100	28	62
500	139	311
1000	278	621

كَمِّيّاتُ الطاقة

5 ج = الشُّغْلُ المَبْذولُ لِغَلْقِ باب

20 ج = الشُّغْلُ المَبْذولُ لِرَمْيِ كُرَةٍ

1000 ج (1 كج «كيلوجُول») = الشُّغْلُ المَبْذول لإرتقاءِ الدَّرجاتِ بين بَسْطَتين

4000 (4 كج) = الطاقةُ الكهربائيَّةُ في بطّاريَّة (AA) نَمُوذجيَّةٍ مَشْحونةٍ بالكامل

40 000 ج (40 كج) = الطاقَةُ الحراريَّةُ اللّازمة لإغلاءِ كُوبٍ من الماء

120 000 ج (120 كج) = الطاقةُ الكيماويَّةُ في مِلْعَقةِ سُكَّرٍ صغيرة

300 000 ج (300 كج) = الطاقةُ الكهربائيَّةُ في بَطّاريَّةِ سيّارة

34 000 000 ج (34 ميغاج) = الحرارةُ المُنْبَعِثَة من حَرْقِ لِتْرٍ من البِنْزين

كَمِّيّاتُ القُوَّة

5 ن = قُوَّةُ الدَّفع اللّازمةُ لِكَبْسِ مِقلاد (مفتاح) النُّور

8 ن = القُوَّةُ اللّازمةُ لِمُسارعة كُتلةِ 4 كغ بِمُعدَّل 2 م/ث^2

9,8 ن = قُوَّةُ الجاذبيَّة التي تَشُدُّ سَفْلًا على كُتْلةِ 1 كغ

20 ن = قُوَّةُ الشَّدِّ اللّازمةُ لِفَتْحِ عُلْبةِ شرابٍ مَعدِنيَّة

2000 ن = قُوَّةُ ضربِ كُرَةِ تَنِس بالمِضْرب بِشِدَّة

5000 ن = القُوَّةُ من مُحَرِّكِ سَيَّارة

200 000 ن = القُوَّةُ من مُحَرِّكٍ نفَّاث

كَمِّيّاتُ القُدْرة

1 واط = صَمَجةُ (لَمْبَة) مِصْباح الجَيب

60 واطًا = صَمَجةُ مِصباح كهربائيّ

250 واطًا = مُحَرِّكُ غسّالةٍ كهربائيَّة

300 واط = إرتقاءُ دَرَجٍ رَكْضًا

1000 واط (1 كواط) = فَهْدٌ يَعْدُو بِكُلِّ قُوَّته

35 000 واط (35 كواط) = مُحَرِّكُ سيَّارةٍ صغيرة

250 000 واط (250 كواط) = تُرْبين هوائيّ كبير

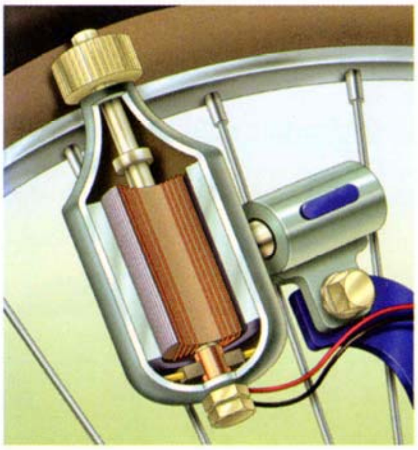
500 000 000 واط = (500 ميغاواط) = مَحطَّة صغيرة لتَوليدِ القُدْرة

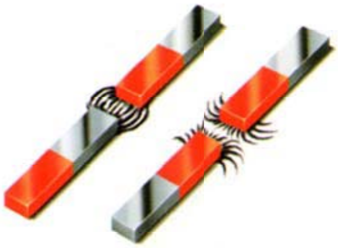
2 000 000 000 واط (2000 ميغاواط) = مَحطَّةُ تَوليد قُدرة نموذجيَّة تعمَلُ بوَقْد الفَحْم

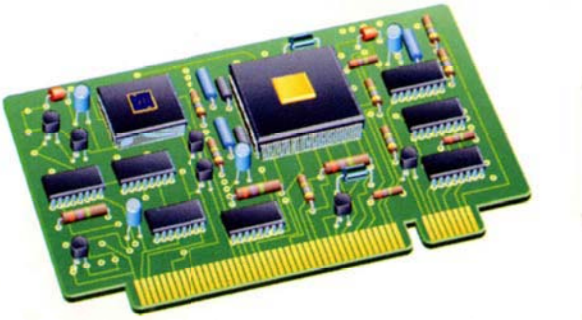
20 000 000 000 واط (20 000 ميغاواط) = اكبر محطَّة لِتَوليد القُدرة في العالَم (على نَهْر تِنْغوسْكا السُّفْليّ، في روسيا)

تواريخُ رئيسيَّة

1586	الأوزانُ المُخْتلِفةُ تَسْقُطُ بالسُّرعةِ نفسِها في الفَراغ – اثبتَ التَّجْربةَ الرياضيُّ الهولنديُّ سْتِفينوس.
1647	العالِمُ الفرَنْسيُّ بْليز پَسْكال يكتشِفُ أنَّ الضغطَ على عُمْقٍ تحتَ الماء يُؤثِّرُ في جميعِ الإتِّجاهات.
1668	مَبْدأُ حِفْظِ كَمِّيَّة التحَرُّك يَكْتَشِفُه الرِّياضيّ الإنكليزيُّ جُون وَالاس.
1684	قانونُ الجاذبيَّة يَصُوغُه العالِمُ الإنكليزيُّ إسحٰق نيوتُن.
1842	مَبْدأُ حِفْظ الطاقة – أساس القانون الأوّل للدِّيناميَّات الحراريَّة – يكتَشِفُه الفيزيائيُّ الألمانيُّ جُوليُوس فُونْ ماير (وبصُورةٍ مُسْتَقِلَّة أيضًا الفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس جُول).
1850	القانونُ الثاني للدِّيناميَّاتِ الحراريَّة يَصوغُه الفيزيائيُّ والكيميائيُّ الألمانيُّ رُودُولف كلوسْيُوس.
1856	مُصْطلَح «طاقة الحَرَكة» يَبْتكِرُه الفيزيائيُّ البريطانيُّ وِلْيَم طومْسُون.
1905	القانونُ الثالث للديناميَّاتِ الحراريَّة يَصوغُه الفيزيائيُّ والكيميائيُّ الألمانيّ هِرْمان نِرْنْست.
1926	اوَّلُ تَجْربةِ طيرانٍ لِصاروخٍ يعمَلُ بالوَقُود السّائل يُحَقِّقُها المُهَنْدس الأمريكيُّ روبَرْت غودارْد.
1931	مُقرّاتٌ جَيروسكوبيَّةٌ للسُّفُن يَخْترعُها المُهَنْدس الأمريكيّ إلْمَر سْپيري.
1947	إختِراقُ جدارِ الصَّوت يُحَقِّقُه الطيّارُ الأمريكيُّ تْشَكْ ييغَر.



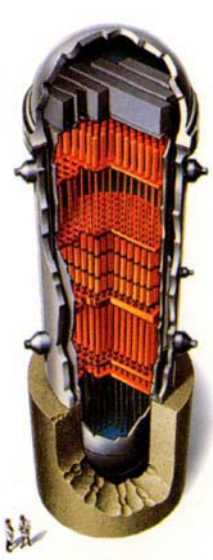




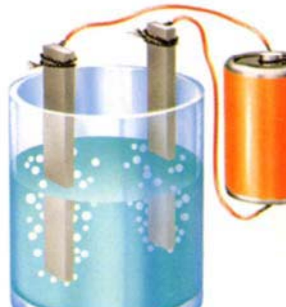
الفَصْلُ الثامِن

الكهرباءُ والإلِكْترونيَّات



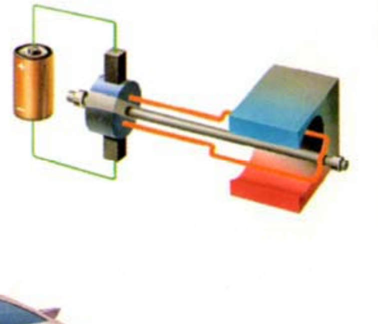


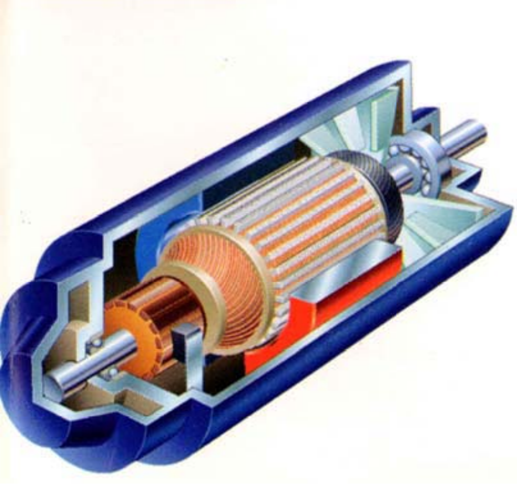
الكَهْرباءُ تُحيطُ بِنا من كُلِّ جانِبٍ بِتَواجُدِها في الشِّحْناتِ الكهربائيَّةِ للجُسَيْماتِ دُونَ الذرِّيَّةِ الدَّقيقةِ المُسَمَّاة إِلِكْترونات. هذه الإلكْترونات تَنْتَقِلُ، في ظُروفٍ مُعَيَّنة، من ذَرَّةٍ إلى أُخرى في تيَّارٍ كَهْربائيّ. ورُغْمَ أنَّ فلاسِفَةَ الإغريق أدركوا قُدْرةَ الكَهْرباءِ السَّاكِنَةَ منذُ قُرابَةِ العام 600 ق.م، فإنَّ العُلماءَ لَمْ يَبْدأوا بتَفَهُّمِ طبيعةِ الكهرباء حتَّى القَرْنَيْن الثامِنَ والتاسِعَ عَشَر. وَقد تَوَصَّلوا بأَبْحاثِهم ودِراساتِهم إلى طرائق تَوليدِ الكَهْرباء والإفادةِ من التيَّارات الكَهْربائيَّة.



وقد بلَغَتْ إنجازاتُ رُوَّادِ الكَهْربائيَّات حَدًّا بحيثُ إنَّه يَتعَذَّرُ تَصوُّرُ عالَمٍ بدونِ كهرباء. فالكثيرُ من وسائلِ التدفئةِ والإنارةِ والقُدْرةِ في العالَم تَعْتَمِدُ على الكَهْرباء. وبدونِ الكهرباءِ ما كانت توجَدُ حَواسيبُ ولا راديواتٌ ولا تِلْفِزيوناتٌ ولا مَرْكَباتٌ فَضائيَّة. حتَّى السيَّاراتُ التي تَسيرُ بدَفْعِ مُحَرِّكاتٍ لاكَهْربائيَّةٍ داخليَّةِ الإحتِراق تَعْتَمِدُ على الكَهْرباءِ لإطلاق الشَّرَر من شَمْعاتِها وإشعال مَزيج الوَقُود في مُحَرِّكاتِها – إضافةً إلى تَزْويدِ مَصابيحِها والكثيرِ من مَضابِطِها بالقُدْرة. إنَّ من الحَقِّ القَوْلَ إنَّ الكهرباءَ هي أهمُّ مصادرِ القُدْرة في العالَم المُعاصِر. وستَظَلُّ كذلك مُستَقْبلًا – عِلْمًا أنَّ بعضَ وسائلِ تَوليدِ الكَهْرباء ونَقْلِها إلى حيثُ يُحْتاج إليها سَتَتغَيَّرُ وتَتحَسَّن.











الكَهْرباء

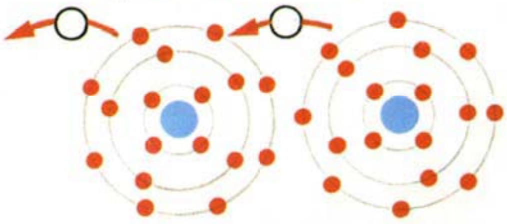
الكَهْرباءُ شَكْلٌ من أَشْكالِ الطاقة يُوَلَّدُ بتَحَرُّكِ جُسَيْماتٍ دَقيقةٍ مَشْحونةٍ تُسَمَّى إلكترونات. والكَهْرباءُ مَصْدرُ طاقةٍ حيَويٌّ في العالَمِ المُعاصِرِ المُتَطوِّر.



العالِمُ الإيطاليُّ ألِسانْدرو ڤولْتا (1745 – 1827) كان أحدَ رُوَّادِ الكَهْرباء. فبحُلول عام 1800، كان ڤولْتا قد اخترعَ أوَّلَ بطّاريَّةٍ قادِرةٍ على استيعاب شِحْنةٍ كهربائيَّة؛ وقد سُمِّيَتْ عمودَ ڤُلْطا.

كُلُّ ما هو مادَّة – من الوَرَقِ المَطْبوعِ عليه هذا الكِتاب إلى الهواءِ الذي نَسْتَنشِقُ – يتألَّفُ من جُسَيْماتٍ دَقيقةٍ تُسَمَّى ذرَّات. ولِكُلِّ ذَرَّةٍ جُزْءٌ مَركزيٌّ مُوجِبُ الشِّحْنةِ يُسَمَّى نواةً. وتَضُمُّ النواةُ جُسَيْماتٍ مُوجِبَةَ الشِّحْنِ تُسَمَّى بْروتوناتٍ وجُسَيْماتٍ مُتَعادِلةً (لامَشْحونةً) تُسَمَّى نْيوتْرونات. وحَوْلَ النَّواةِ تَئِزُّ جُسَيْماتٌ أصغَرُ بكثيرٍ سالِبَةُ الشِّحْنةِ بِسُرْعةٍ فائقة.

على العموم، عَددُ الإلكتروناتِ في جِسْمٍ يُساوي عددَ البروتونات. فتُعادِلُ شِحْناتُ الإلكتروناتِ السَّالِبَةُ شِحْناتِ البروتونات المُوجِبة ويكونُ الجِسْمُ مُتعادِلًا. الجِسْمُ الذي يَضُمُّ إلكتروناتٍ أقلَّ من البروتونات يكونُ مُوجِبَ الشِّحْنة ومَيَّالًا إلى جَذْبِ الإلكترونات. والجِسْمُ السَّالِبُ الشِّحْنةِ يَضُمُّ إلكتروناتٍ أكثَرَ من البروتونات ومَيَّالٌ إلى تَمريرِ إلكتروناتِه الفائضَة بِيُسْرٍ إلى جِسْمٍ مُوجِبِ الشِّحْنة.



عندما يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ فلِزٍّ، بعضُ الإلكترونات تَقْفِزُ من ذَرَّةٍ إلى أُخرى – بينما تَدورُ باقي الإلكتروناتِ حوْلَ النَّوى الذرِّيَّةِ المُتَمَوْضِعَةِ في مواقِعَ ثابِتةٍ.

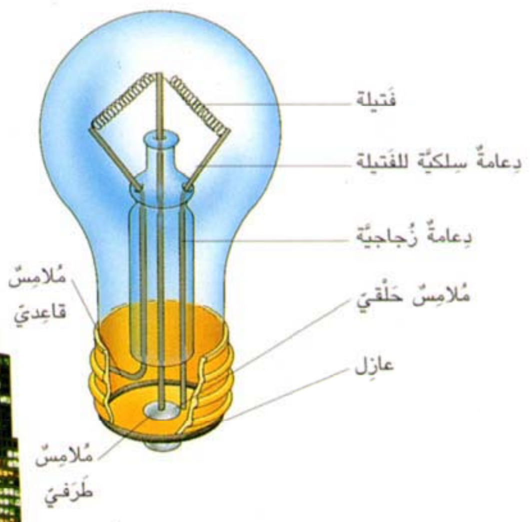
والمَعْروفُ اليومَ أنَّ سبَبَ هذا الإنجذاب هو أنَّ الفَرْكَ يَعْمَلُ على سَحْبِ إلكتروناتٍ من سَطْحِ قطعةِ الحرير إلى سَطْحِ كُتْلةِ الكَهْرَمان. والكَهْرَمانُ السَّالِبُ الشِّحْنةِ يَجْذِبُ تلك الأجْسامَ في مُحاوَلَتِه إمرارَ إلكتروناتِه الفائضةِ إليها.

الكَهْربائيَّةُ السَّاكِنَة

أثارتِ الكَهْربائيَّةُ السَّاكِنَةُ استِغْرابَ الناسِ على مَدى عِدَّةِ قُرون. فمُنْذُ حوالى 2500 سنة، لاحظَ الفَيْلسوفُ الإغريقيُّ طاليس (625 – 547 ق.م) أنَّ فَرْكَ قطعةٍ من قُماشٍ حريريٍّ بِكُتْلةٍ من عِلْكٍ أحفوريٍّ، يُسَمَّى الكَهْرَمان، جعَلَ القُماشةَ وأجْسامًا أُخرى خفيفةً، كالرِّيش، تَنْجَذِبُ إلى الكَهْرَمان.

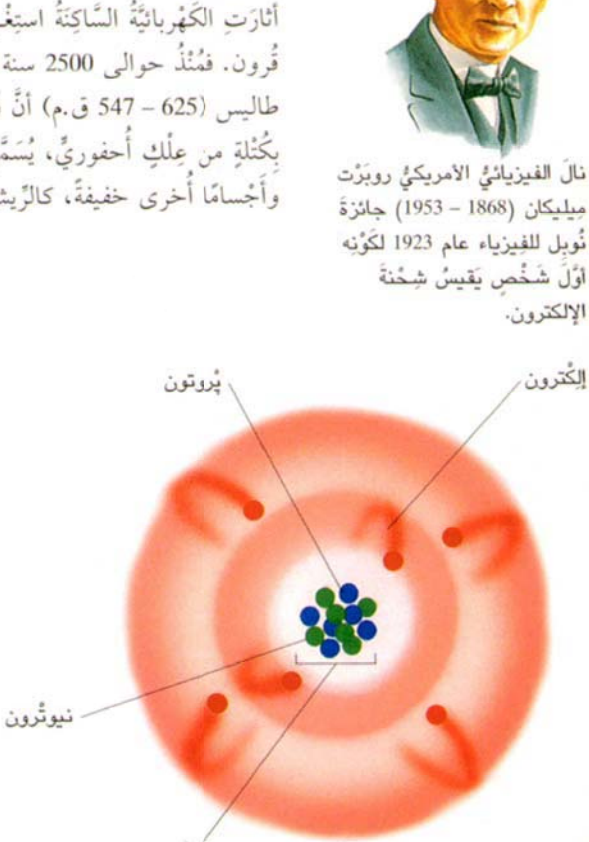


نالَ الفيزيائيُّ الأمريكيُّ روبَرْت مِيليكان (1868 – 1953) جائزةَ نُوبل للفيزياء عام 1923 لكَوْنِه أوَّلَ شَخْصٍ يَقيسُ شِحْنةَ الإلكترون.



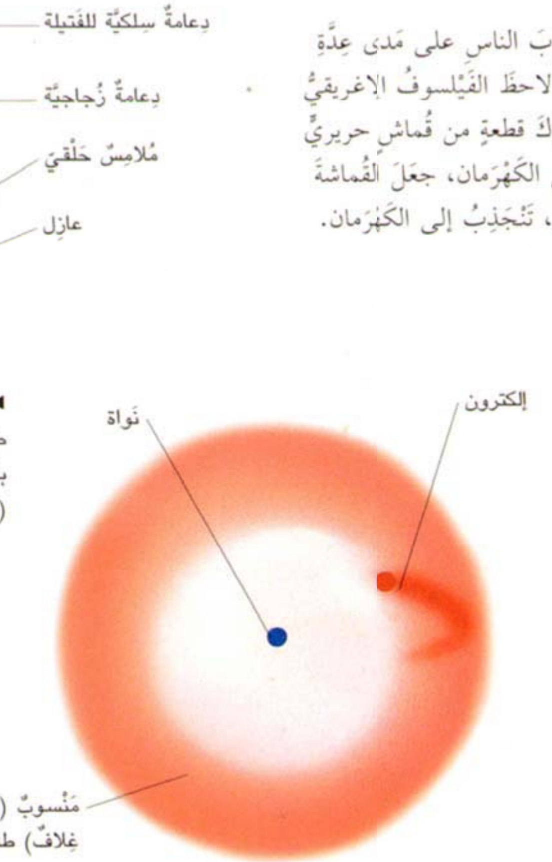
◄ التيَّارُ الكهربائيُّ يجعَلُ فَتيلةَ صَمَجةِ الإنارةِ هذه تَتوَهَّجُ بالإحماءِ إلى دَرجةِ الإبيضاض (حوالى 1000°س).





ذَرَّةُ كربون

تتألَّفُ نَوى الذرَّات من بْروتوناتٍ مُوجِبَةِ الشِّحْنة ونيوتْروناتٍ غير مَشْحونة. الإلكتروناتُ سالِبَةُ الشِّحْنة، تدورُ حوْلَ النَّواة بسُرعاتٍ هائلة. ذرَّةُ الكربون هذه تَحوي سِتَّةَ إلكتروناتٍ وسِتَّةَ نيوتْرونات وسِتَّةَ بْروتونات.



ذَرَّةُ هِدْروجين

شِحْنةُ البروتون المُوجِبَةُ، في ذرَّة الهِدْروجين هذه، تَجْذِبُ الإلكترونَ السَّالِبَ الشِّحْنةِ نَحو النَّواة. في جميعِ الذرَّات، تَدورُ الإلكتروناتُ حوْلَ النَّواةِ في مَناسيبَ طاقيَّةٍ، تُسَمَّى أحيانًا غِلافاتٍ أو قُشورًا إلكترونيَّة.

إمرارُ المِشْطِ تكرارًا على شَعْرٍ جافّ، أو جَرْجرةُ شَخْصٍ قَدَمَيْه على سَجّادةٍ نَيلون، يُحْدِثان ظاهِرةً مَثيلةً. هذا النَوْعُ من الكهرباء يُسَمَّى الكهربائيَّةَ السَّاكِنَةَ لأنَّ الشِّحْنَةَ تَبْقى ساكِنةً (إستاتيّةً) على الجِسْمِ المَشْحون - الكَهْرمانِ أو المِشْطِ أو الشَّخْصِ - إلى أنْ تَجِدَ طريقًا مّا للإفلاتِ أو التَّفْريغ.

البَرْقُ مِثالٌ رائعٌ على التَّفْريغِ الإستاتيِّ الطبيعيّ. فالتيّاراتُ الهوائيَّةُ بِصُعودها وهُبُوطِها داخلَ سَحابَةٍ رَعّادة، تُحْدِثُ احتِكاكًا يُراكِمُ الشِّحْناتِ الكَهْرَبائيَّةَ داخِلَ السَّحابةِ. ومن وَقْتٍ لآخَرَ، تَغْدو الشِّحْنَةُ من الكِبَرِ بِحَيْثُ تُسَبِّبُ تَفْريغًا بِشَرارةٍ هائلةٍ نَحْوَ سَطْحِ الأرض - هي البَرْقُ. وصَوتُ الفَرْقَعةِ الذي يُسْمَعُ أحيانًا عندَ طَيِّ قُماشٍ صُوفيٍّ أو نَيْلونيٍّ تُسَبِّبُه شَراراتٌ أصغَرُ كثيرًا من شَرارةِ البَرْق.

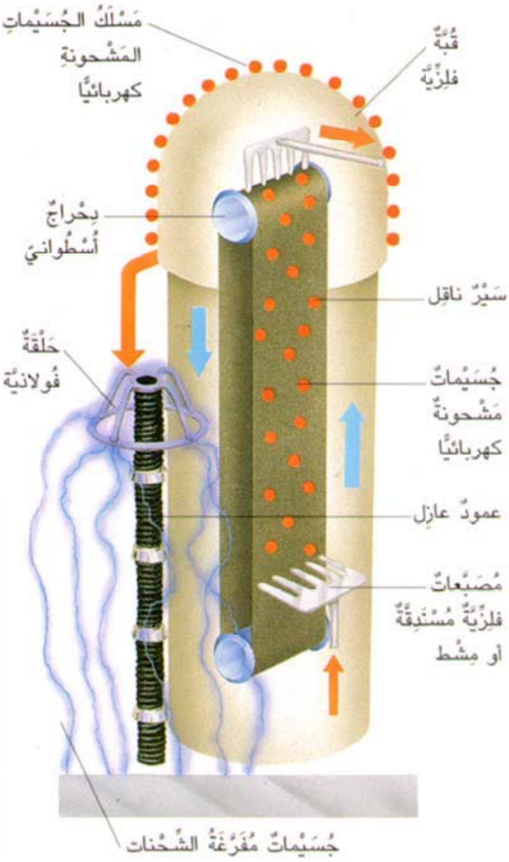
الكَهْرباءُ التيّاريَّة

التيّارُ الكَهْربائيُّ هو دَفْقٌ من الإلكترونات يَنْتَقِلُ من نُقْطَةٍ فيها عَددٌ ضَخْمٌ من الإلكترونات إلى نُقْطةٍ فيها بِضْعةٌ مِنها - تمامًا كدَفْقِ تيّارٍ مائيٍّ من مُسْتَوًى أرضيٍّ عالٍ إلى مُسْتَوًى أخفَض. وفي حين أنَّ البَرقَ هو اندِفاقٌ كارِثيٌّ للشِّحْنات، فإنَّ الكَهْرباءَ التيّاريَّة، التي تُوَفِّرُ الدِّفْءَ والإنارةَ والقُدْرةَ للمنازِل والصِّناعة، هي انسِيابٌ مُنْتَظِمٌ يَمُرُّ عَبْرَ كُبُولٍ إلى حيثُ يُحتَاجُ إليه. الكبُولُ مُوَصِّلاتٌ جَيِّدةٌ للكَهْرباء - أي مَوادُّ يُمكِنُ لإلكتروناتِها أنْ تَقْفِزَ من ذَرَّةٍ إلى أُخرى تاليةٍ بِيُسْرٍ وسُهولة.

مُعْظَمُ الكهرباءِ التيّاريَّةِ تُنْتِجُها مُوَلِّداتٌ في مَحطّاتِ تَوليدِ القُدْرة - عِلْمًا أنّ بعضَها (بخاصَّةٍ التيّارات المُسْتَمِرَّة) مَصْدرُه تفاعُلاتٌ كيماويَّةٌ في البَطّاريّاتِ، أو تأثيرُ الضوءِ في الخلايا الضَّوئيَّة.

الكَهْرباءُ مُفيدةٌ عَمليًّا لأنّه يُمكِنُ تَحويلُها إلى أشْكالٍ أُخرى من الطاقة. فالمُحَرِّكاتُ الكَهْربائيَّةُ تُحَوِّلُ الطاقةَ الكهربائيَّةَ إلى طاقةٍ ميكانيكيَّةٍ يُمكِنُ استِخْدامُها في تَوليدِ الحَرَكة. والسَّخّاناتُ الكهربائيَّةُ تُنْتِجُ طاقةً حَراريَّةً عندما يَسْري تيّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ مُقاوماتِها التَّسْخينيَّة. واللَّمْباتُ (الصَّمَجاتُ) الكهربائيَّةُ تُنْتِجُ طاقةً ضَوئيَّةً بطَريقةٍ مَثيلةٍ للسَّخّانات - حيثُ يَسْري التيّارُ الكهربائيُّ عَبْرَ سِلْكٍ رَفيعٍ فيَتَوَهَّجُ بالحُمُوِّ إلى دَرجةِ الابيضاض.

مُوَلِّدُ «ڤانْ دي غراف»



السَّيْرُ المَطّاطيُّ الناقِلُ في مُوَلِّدِ ڤانْ دي غراف يَنْقُلُ إلكتروناتٍ من مَصْدَرٍ عالي الفُلْطيَّةِ إلى قُبَّةٍ فلِزِّيَّة. ومع تَزايُدِ وتَراكُمِ الإلكترونات في القُبَّةِ تَزْدادُ فُلْطيَّتُها. المَكِناتُ الإستاتيَّةُ الضَّخْمةُ قد تُنْتِجُ فُلْطيَّةً 13 مليون فُلْط من الشِّحْنات قبل أنْ تأخُذَ الإلكتروناتُ في القُبَّةِ بالقَفْزِ إلى حَلْقةٍ فُولاذيَّةٍ وتومِضَ كالبَرقِ في مَسارِها إلى سَطْحِ الأرض. والمكِناتُ الصغيرةُ تُجَمِّعُ ما يكفي من الشِّحْنات لِيَجْعَلَ شَعْرَ شَخْصٍ يَقِفُ مُنْتَصِبًا إذا ما لامَسَ القُبَّةَ، لأنّ الإلكتروناتِ تَسْري إلى أطرافِ الشَّعْرِ وتَجْعَلُها تَتَنافَرُ.





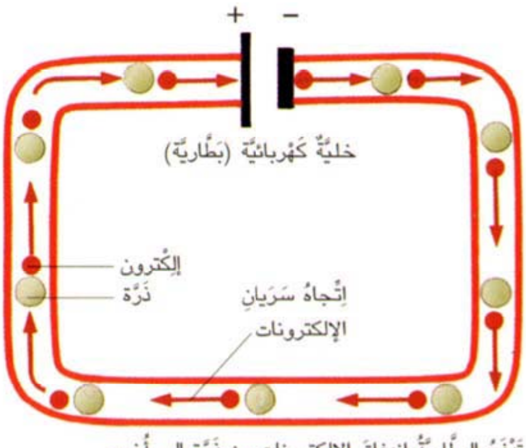
مَنْظَرُ مَباني المِنْطقة المَرْكزيَّة لِتُورِنْتو في كَنَدا، على خلفيَّةِ السَّماء ليلًا، يُبَيِّنُ كَمْ إنَّ الناسَ يَعْتَمِدونَ على الكهرباءِ لِتَوفيرِ الإنارةِ لَيْلًا.

أُنْظُر أيضًا

الرِّياحُ والعواصِفُ والفَيَضانات ص 44
مَصادِرُ الضَّوء ص 280 - 281
تَخْزينُ الكهرباء ص 354 - 355
المُوَصِّلات ص 360 - 361

الدَّاراتُ الكَهْربائيَّة

الدَّاراتُ الكهربائيَّةُ مَجْموعاتٌ من المُقوِّماتِ الكهربائيَّة، كالمُقاوِماتِ والدَّايُودات (الصِّمامات الثُّنائيَّة)، مَوْصُولةً بأَسْلاكٍ وكُبولٍ جيِّدةِ التوصيلِ للكَهْرباء.



تَدْفَعُ البطّاريَّةُ انْدِفاقَ الإلكترونات من ذَرَّةٍ إلى أخرى مُجاوِرةٍ دونَ أن تُغَيِّرَ الذرّاتُ مَكانَها. فقطْ بعضُ الإلكترونات هي التي تتحرَّك. التيّارُ الاصطلاحيُّ يَسْري في اتِّجاهٍ عَكْسيٍّ لِسَرَيانِ الإلكترونات.

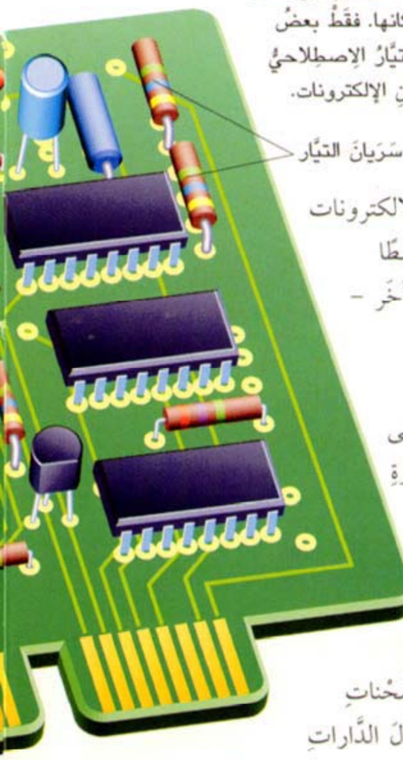
يُمكِنُ اعتِبارُ الدّاراتِ الكهربائيَّةِ كمَنْظوماتِ المَواسيرِ أو الأنابيبِ داخِلَ نبائطَ كمَحامِصِ الخُبْزِ والحواسيب. فالتيّارُ الكهربائيُّ يَسْري عَبْرَ الأسلاكِ المُوَصِّلةِ بين المُقَوِّمات، التي لِكُلٍّ منها تأثيرُه في التيّارِ المارِّ عَبْرَه.

المادَّةُ الجَيِّدةُ التَّوصيل، كالفِلِزّات، تَحوي مَدَدًا وافِرًا من الإلكترونات الطليقة (الحُرَّة). وأمثالُ هذه الإلكترونات يُمكِنُها الانتِقالُ بِسُهولةٍ من ذَرَّةٍ إلى أُخرى مُجاوِرةٍ في المادَّةِ ذاتِها. اللَّدائنُ والمَطّاطُ لا تَحْوي إلكتروناتٍ طليقةً. وأمثالُ هذه المَوادِّ هي عوازِلُ جَيِّدةٌ – أي إنَّها غيرُ مُوَصِّلةٍ للتيّارِ الكَهربائيّ.

في نِطْعةِ السِّلْكِ المُوَصِّلِ غيرِ المَوصُولِ ببطّاريَّةٍ، تَنْتَقِلُ الإلكتروناتُ الطليقةُ هنا وهناك عَشْوائيًّا. ولا يَسْري في السِّلكِ أيُّ تيّارٍ كهربائيٍّ لِعَدَمِ تواجُدِ انتقالٍ شامِلٍ للإلكترونات من أحدِ طرَفَي السِّلكِ إلى الطرَفِ الآخَر. لكِنَّ هذا الوَضْعَ يَتغيَّرُ عندَ وَصْلِ طرَفَي السِّلكِ بِخَليَّةٍ كهربائيَّة – نُسمِّيها عادةً بَطّاريَّة.

التفاعُلُ الكيماويُّ الذي يَحْدُثُ في البَطّاريَّةِ يُنْتِجُ فائضًا من الإلكترونات على أحدِ طرَفَي البَطّاريَّة – وهو القُطْبُ (أو طرفُ الرَّبْط) السّالِب – ونَقْصًا على الطَّرفِ الآخر – وهو القُطْبُ (أو طرفُ الرَّبْط) المُوجِب. وعندما يُوَصَّلُ طرَفا السِّلك بالبَطّاريَّة، يَبْدأُ الطَّرفُ السّالِبُ بِتَغْذِيَةِ السِّلك بالإلكترونات. وحيثُ إنَّ الشِّحْناتِ المُتَشابِهةَ تَتَنافَرُ، فإنَّ الإلكتروناتِ الطليقةَ تَنْتَقِلُ عَبْرَ السِّلكِ نَحْوَ الطَّرَفِ المَوصُولِ بطَرفِ الرَّبْط (أو القُطب) المُوجِب وتَنْصَرِفُ عائدةً إلى البَطّاريَّة – وهكذا يَبْدأُ تيّارٌ كهربائيٌّ بالسَّرَيان.

البَطّاريّاتُ تعمَلُ كالمِضَخّاتِ التي تُوَلِّدُ ضَغْطًا عاليًا من الإلكترونات عندَ أحدِ طرَفَي الرَّبْط وضَغْطًا خَفيضًا عندَ طرَفِ الرَّبطِ الآخَر – وهو ما يُعْرَفُ بِفَرْقِ الجُهْدِ الكهربائيّ، ويُقاسُ بالفُلْط.

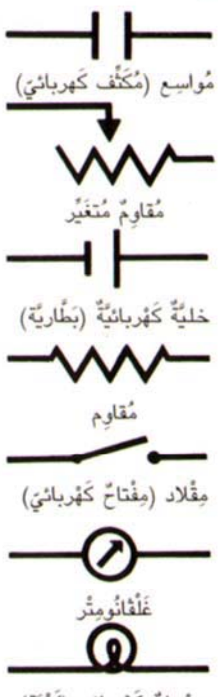


استِطاعةُ مَصْدرِ قُدْرةٍ على دَفْعِ الإلكتروناتِ حوْلَ الدّارةِ الكهربائيَّة تُسَمّى القُوَّةَ الدّافِعَةَ الكهربائيَّة (ق د ك).

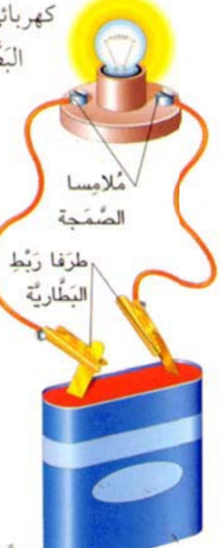
قَبْلَ اكتِشافِ الإلكترون، كانَ العُلَماءُ يَعْتَقِدون أنَّ الشِّحْناتِ المُوجِبةَ هي التي تَنْتَقِلُ حوْلَ الدّاراتِ الكهربائيَّة وصاغُوا بعضَ قوانينهم على هذا الأساس الذي نَعْتَبِرُه حاليًّا التيّارَ الاصطلاحيَّ لِسَرَيانِ الشِّحْنات. من القُطْبِ أو طرَفِ الرَّبْطِ المُوجِبِ إلى طَرفِ الرَّبْطِ أو القُطبِ السّالِب – وهو فِعْلًا الاتِّجاهُ العَكْسيُّ لِسَرَيانِ الإلكترونات.



الفيزيائيُّ الفرَنسيُّ أندريه ماري أمْبير (1775 – 1836) دَرَسَ الدّاراتِ الكَهْربائيَّةَ وعَلَّمنا عنها الكثير. وقد سُمِّيَتْ وَحْدَةُ شِدَّةِ التيّارِ الكَهْربائيِّ (الأمبير) باسْمِه.



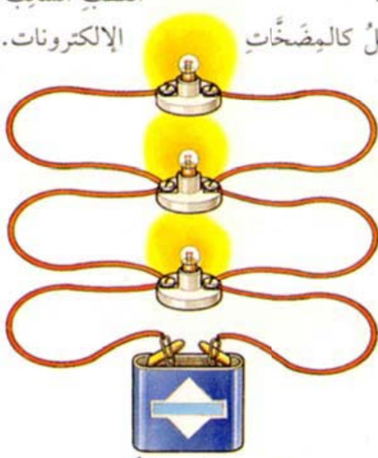
لِكُلِّ مُقَوِّمٍ كَهْربائيٍّ رَمْزُه الخاصّ المُمَيَّز بحيثُ يُمكِنُ فَهْمُ رُسُومِ الدّاراتِ (أو مُخَطَّطاتِ الدّاراتِ الكَهْربائيَّة) دونَ كلامٍ في مُختلِفِ بُلدانِ العالَم.



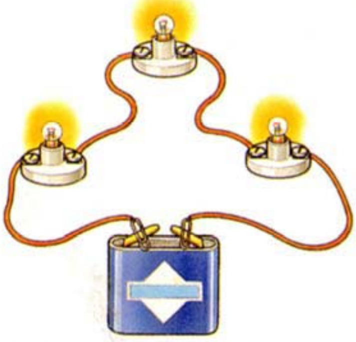
بَطّاريَّةٌ جافَّة

◄ صَمَجاتُ (لَمَباتُ) الإنارةِ المَوصُولةُ على التَّوازي تَتلَقّى الفُلْطيَّةَ الكامِلةَ للبطّاريَّةِ عندَ مُلامِسَيْها. وكُلُّ صَمَجةٍ تَسْطَعُ كَسُطوعِ صَمَجةٍ مُفْردةٍ في دارةٍ بَسيطة. أمّا الصَّمَجاتُ المَوصُولةُ على التوالي فتَتَقاسَمُ فُلْطيَّةَ البَطّاريَّةِ بينها، ويكُونُ سُطوعُها أقَلّ.

تَدْفَعُ البَطّاريَّةُ التيّارَ في اتِّجاهٍ واحدٍ فقط.

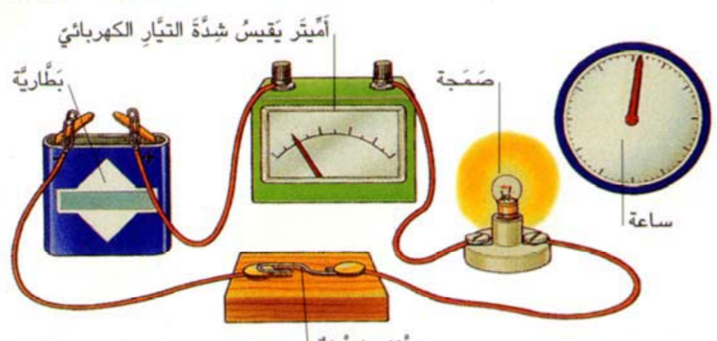


في دارةِ التوازي، تُوصَلُ كُلُّ صَمَجةٍ بقُطبَي (طرَفَي رَبْط) البَطّاريَّة. وجميعُ الصَّمَجاتِ تُشِعُّ بِسُطوعٍ ظاهِر.



صَمَجاتُ الإنارةِ في دارةِ التَّوالي تَشْتَرِكُ في التيّارِ ذاتِه. وتَتَوَهَّجُ بِسُطوعٍ أقَلَّ مِمّا في دارةِ التَّوازي.

غالبًا ما تُرَكَّبُ مُقَوِّماتٌ إلكترونيَّةٌ في ألواحِ الدّاراتِ المَطْبوعةِ لِتكْوينِ داراتٍ كهربائيَّة. وفي كُلِّ مُقَوِّمٍ سِلْكانِ مُوَصِّلانِ أو أكثَر هي مُلامِساتُه الكهربائيَّة. وتُلْفَقُ الأسْلاكُ في ثُقوبٍ في لَوحِ الدّارة وتُوَصَّلُ كهربائيًّا بِمَساراتٍ فِلِزِّيَّةٍ على سَطْحِ اللَّوح.



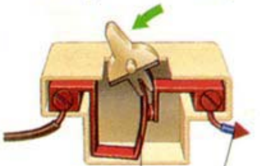
الكولومُ هو وَحْدةُ قياسِ الشِّحْنةِ الكَهْرَبائيَّة. وهو كمِّيَّةُ الشِّحْنة التي تَعْبُرُ نُقْطةً مُعَيَّنةً في دارةٍ كهربائيَّةٍ في الثانية عندما يَسْري عَبْرَها تيّارٌ قيمَتُه أمبيرٌ واحد.

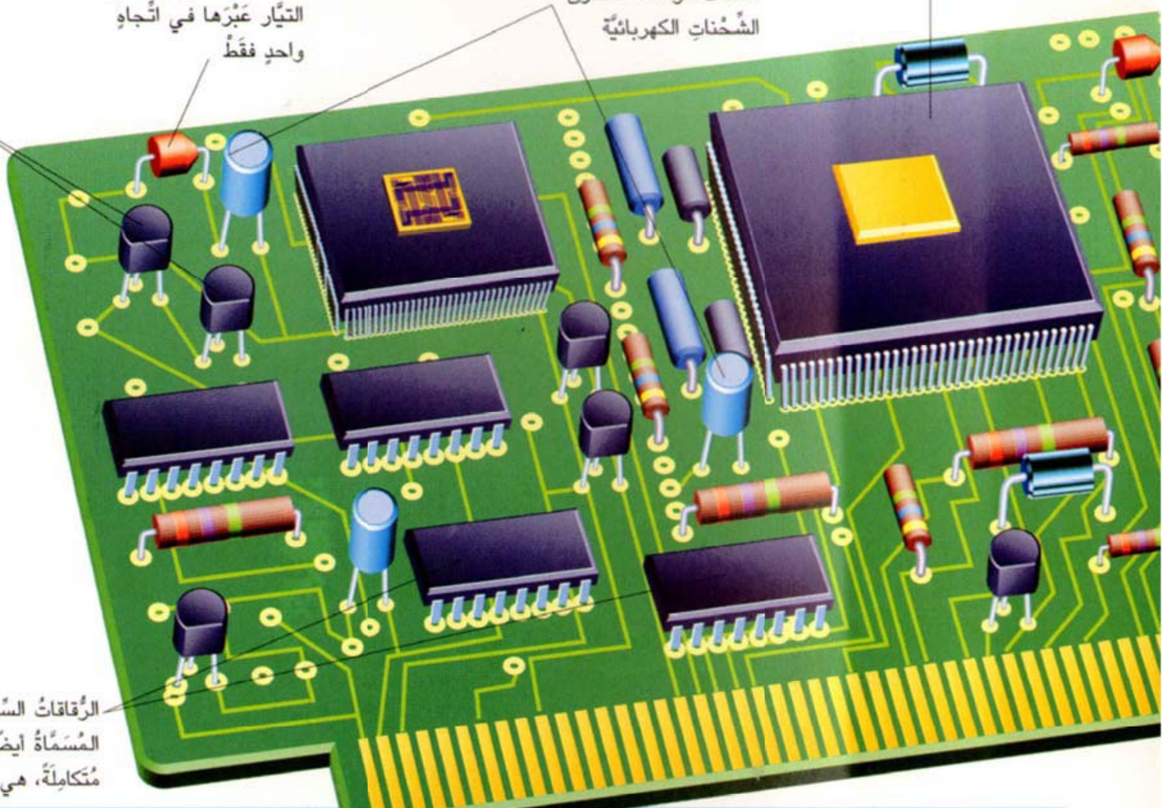
فَصْلُ الدّارة – الدّارةُ مَقْطوعة



نُقْطتا التَّلامُس مُتَباعِدتان

وَصْلُ الدّارة – الدّارةُ مُكْتَمِلة





المَقاليدُ الكَهْرَبائيَّةُ تَفْصِلُ الدّارةَ فتُوقِفُ سَرَيانَ التيّار عَبْرَ السِّلْك، أو تُوَصِّلُ الدّارةَ فتَسْمَحُ بِسَرَيانِ التيّارِ الكَهْرَبائيّ فيها.

مُقَوِّماتُ لَوْحِ الدّارةِ المَطْبوعة

الدّايُودات	المُقاوِمات	المُواسِعات (مُكَثِّفاتُ المُواسَعة)	الترانْزِسْتورات	الرُّقاقاتُ السِّليكونيَّة
تُستَخْدَمُ الدّايُودات لِتَحْويلِ التيّارِ المُتَناوِب إلى تيّارٍ مُسْتَمِرٍّ في عمليَّةٍ تُسَمّى التَّقْويم.	تُستَخْدَمُ المُقاوِماتُ لإضافةِ كمِّيَّةٍ ثابتةٍ أو مُتَغَيِّرةٍ من المُقاوَمة إلى الدّارةِ الكَهْرَبائيَّة.	المُواسِعاتُ تُجَمِّعُ الشِّحْناتِ وتَخْتَزِنُها. ويُمكِنُ استِخْدامُها لِتَسْليسِ سَرَيانِ التيّارِ المُتَغَيِّر.	الترانْزِسْتوراتُ تَسْتطيعُ تَضْخيمَ التيّار؛ كما يُمكِنُها وَصْلُ تيّارٍ أو قَطْعُه استِجابةً لإشارةِ تَحَكُّم.	الرُّقاقاتُ السِّليكونيَّةُ هي داراتٌ إلكترونيَّةٌ صُغْريَّة. وهي تُشكَّلُ بالنَّمْشِ على رُقاقاتٍ دَقيقةٍ من السِّليكون.

ويُعرَفُ هذا التيّارُ بالتيّارِ المُسْتَمِرِّ (ت.م. «d.c.»). أمّا تيّارُ مَحَطّاتِ تَوليدِ القُدْرة فيُغَيِّرُ اتِّجاهَه مَرّاتٍ عديدةً في الثانية ويُسَمّى تيّارًا مُتَناوِبًا (ت.مت. «a.c.»).

تَزْدادُ شِدَّةُ التيّارِ السّاري في الدّارة بازدِيادِ فَرْقِ الجُهْد، أو الفُلْطيَّة، عِند طَرَفَيْها. فإذا تَضاعفَتِ الفُلْطيَّةُ تَتضاعَفُ شِدَّةُ التيّار.

المُقاوَمة

مِقْدارُ التيّارِ السّاري عَبْرَ سِلْكٍ يَعْتَمِدُ على طبيعةِ الفلِزِّ الذي يُصْنَع منه ذلك السِّلْك. فبَعْضُ الفلِزّاتِ تَحوي إلكتروناتٍ طليقةً أقَلَّ من سِواها؛ وفي بعضِ الحالاتِ، تكونُ الإلكتروناتُ «الطليقةُ» أقَلَّ طلاقَةً من حيثُ حُرِّيَّةُ الحَرَكة.

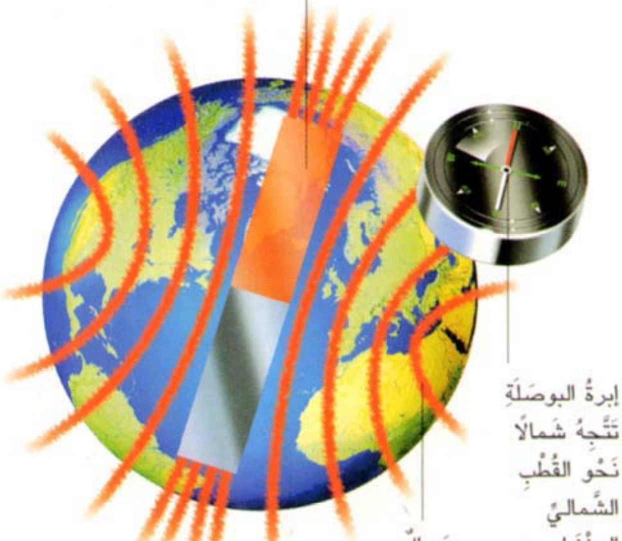
عَدَمُ السَّماحِ لِسَرَيانِ الإلكتروناتِ بِحُرِّيَّةٍ يُسَمّى المُقاوَمة. وتُصَمَّمُ بعضُ المُقَوِّماتِ في الدّارة كمُقاوِماتٍ لِزيادةِ مُقاوَمةِ الدّارةِ الكَهْرَبائيَّة. وهذه يُمكِنُ وَصْلُها على التوالي – واحدةً تِلْوَ الأُخرى – أو على التوازي – واحدةً بجانِبِ الأُخرى.

أُنْظُر أيضًا

الكيمياءُ الكَهْرَبيَّة ص 356
المُوَصِّلات ص 360 – 361
المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة ص 374 – 375
الحواسيب ص 376 – 377

المِغْنَطيساتُ والمِغْنَطيسيَّة

تَسْتطيعُ المِغْنَطيساتُ التَّجاذُبَ والتَّنافُرَ، عَبْرَ مَسافةٍ مُعَيَّنةٍ تَفْصِلُها، بفِعْلِ مَجالاتِها المِغْنَطيسيَّة. وهذه الظاهِرةُ تُسَمَّى المِغْنَطيسيَّة.



تُؤَثِّرُ الأَرضُ كمِغْنَطيسٍ ضَخْمٍ ذي قُطْبَيْنِ مِغْنَطيسيَّيْنِ شَماليٍّ وجَنوبيٍّ على مَقْرُبَةٍ من القُطْبَيْنِ الجُغْرافيَّيْنِ الشَّماليِّ والجَنوبيّ.

سُمِّيَتِ المِغْنَطيسيَّةُ باسْمِ الحَجَرِ المَغنيزيِّ - من مُقاطعة مَغْنيسْيا - في شمالي تُركيا. فمُنْذُ أكثرَ من 2000 سنة، وجدَ الإغريقُ القُدماءُ أنَّ قِطَعًا من الحَجَرِ المَغْنيسيِّ تَجْتذِبُ بعضَ الفلِزَّات. وهذا الحَجَرُ هو ضَرْبٌ من خامِ الحديدِ يُسَمَّى المَغْنِتَيْت. والمِغْنَطيسُ هو جِسْمٌ يَسْلُك كالمَغْنِتَيْت.

بعضُ الفلِزَّاتِ، كالكروم، يتمَغْنَطُ قليلًا عندَ وَضْعِ مِغْنَطيسٍ بجواره. هذه المِغْنَطيسيَّةُ، التي تَتلاشَى عِندَ إزالةِ المِغْنَطيس، تُسَمَّى بارامِغْنَطيسيَّة.

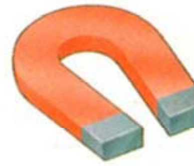
المَعْروفُ أنَّ ثلاثَةَ فلِزَّاتٍ فقَطْ - هي الكوبَلْتُ والحديد والنيكل - يُمكِنُ أنْ تتمَغْنَطَ بصُورةٍ مُستَدامَة عندَ وَضْعِ مِغْنَطيسٍ بالقُرْبِ منها ثُمَّ إزالتِه. هذه الخاصِّيَّةُ تُسَمَّى مِغْنَطيسيَّةً حَديديَّةً أو فِرّومِغْنَطيسيَّة.

القَضيبُ المِغْنَطيسيُّ يَسْتطيعُ جَذْبَ والتِقاطَ المَسامير والمشابِكِ الورقيَّةِ والأَجْسامِ الصغيرةِ الأُخرى من الحديد أو النيكل أو الفُولاذ. (الفُولاذ مَزيجٌ من الحديدِ وكمِّيَّاتٍ قليلةٍ من الكربون ومَوادَّ أُخرى). ويُمكِنُ مَغْنَطَةُ أيِّ قِطْعَةٍ من الحديد أو الفولاذِ بدَلْكِها مرَّاتٍ عَديدة في الاتِّجاهِ نفسِه بطرَفِ قضيبٍ مِغْنَطيسيٍّ دائم.

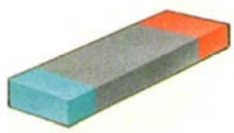
عندما يُجْتذَبُ جِسْمٌ إلى قَضيبٍ مِغْنَطيسيٍّ، فإنَّه يَلْتَصِقُ بأحدِ طرَفَيْه أو قُطْبَيْه، حيثُ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ أقْوى. أحدُ قُطْبَي المِغْنَطيس هو قُطْبٌ شماليُّ التَّوَجُّه والآخَرُ جَنوبيُّ التوَجُّه. القُطبان الشماليُّ والجَنوبيُّ لمِغْنَطيسَيْن يَتجاذبان؛ والقُطْبانِ المُتَماثِلان - شَماليّ وشَماليّ أو جَنوبيّ وجَنوبيّ - يَتَنافران، أي يَدْفَعُ أحدُهما الآخَرَ بَعيدًا عنه.



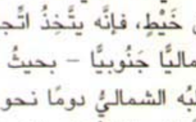
كانَ وِلْيَم جِلْبرت (1544 – 1603) طبيبُ المَلِكَين البريطانيَّيْن جيمْس الأوّل وإليزابيث الأُولى أوّلَ من استَخْدم مُصْطلَحَ «القُطْب المِغْنَطيسيّ».



القُطْبانِ الشماليّ والجنوبيّ في المِغْنَطيسِ النَّضْويّ يتَّخِذانِ الاتِّجاهَ نَفْسَه.



القضيبُ المِغْنَطيسيُّ ذو قُطْبَيْنِ شماليٍّ وجنوبيّ. وهو حينَ يُدَلَّى من خَيْطٍ، فإنَّه يتَّخِذُ اتِّجاهًا شَماليًّا جَنوبيًّا - بحيثُ يَتَّجِه قُطْبُه الشماليُّ دومًا نحو القُطْبِ الشَّماليِّ الجُغْرافيِّ للأرض.



بعضُ المِغْنَطيساتِ الحَلْقيَّةِ ذو قُطْبٍ على خارجِ الحَلْقَة وآخَرَ على داخِلِها. وبَعْضُها ذو قُطْبٍ على كُلِّ وَجْه.

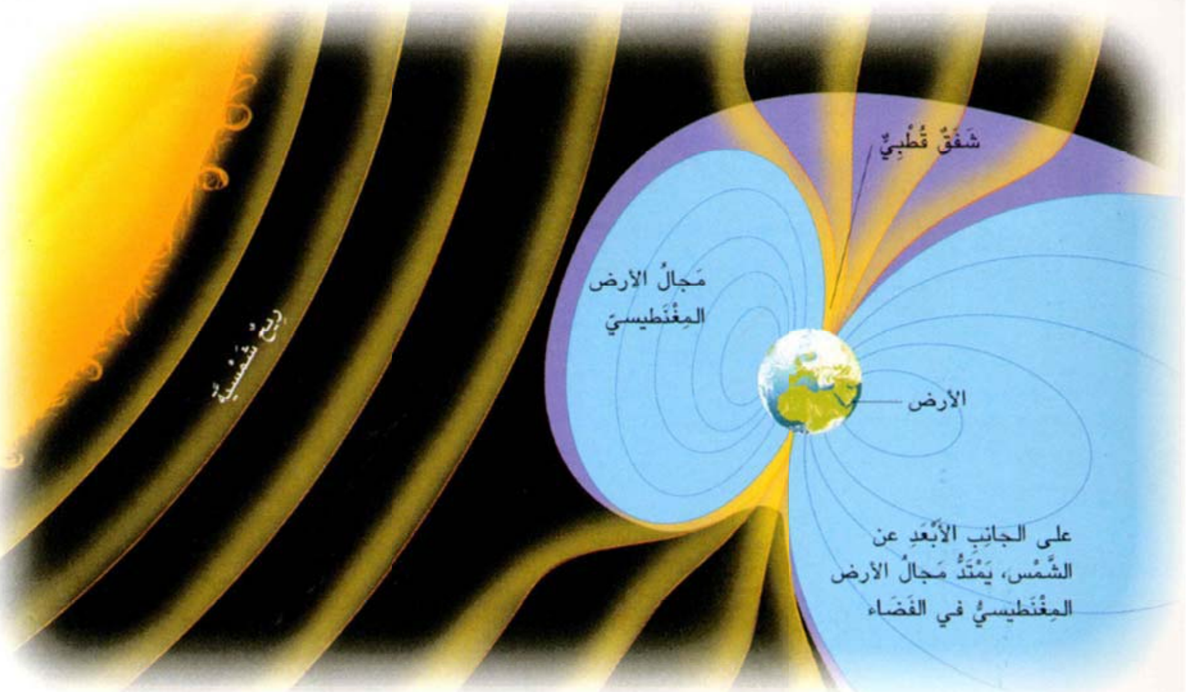


تُبَيِّنُ بُرادةُ الحديد، المُنْتَثِرَةُ حوْلَ مِغْنَطيسَيْن، المَجالَ المِغْنَطيسيَّ القَويَّ بين قُطْبَيْهما الشَّماليّ والجَنوبيّ. هذا المَجالُ يَشُدُّ المِغْنَطيسَيْنِ واحدَهُما نحو الآخَر.

عندما يُوضَعُ القُطْبانِ الشَّماليّان أو القُطْبان الجَنوبيّان لمِغْنَطيسَيْن على مَقْرُبَةٍ واحِدُهما من الآخر، فإنَّهما يَتنافران (أي يَدْفَعُ واحدُهما الآخر بَعيدًا عنه). وقُوَّةُ التنافُر يُمكِنُ تَبَيُّنُها بِنَثْرِ بُرادةِ الحديد حوْلَ القُطْبَيْنِ المُتَماثِلَيْن.

يُمكِنُ تَبَيُّنُ خُطوطِ القُوَّة في مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ بِذَرِّ بُرادةِ الحديد على وَرَقةٍ فوقَ أو حوالَى المِغْنَطيس. ويُلاحَظُ أنَّ بُرادةَ الحديد تتتبَّعُ خُطوطَ المَجال المُركَّزةَ عندَ قُطْبَي المِغْنَطيس. ويُمكِنُ، بالطريقةِ نفسِها، تَبيُّنُ مَجالَي التَّجاذُبِ والتَّنافُرِ بينَ مِغْنَطيسَيْن.

إضافةً إلى الكَمِّيَّاتِ الهائلةِ من الطاقةِ الحراريَّةِ والضوئيَّةِ، تَدْفُقُ الشَّمْسُ أيضًا في الفَضَاءِ جُسَيْماتٍ دُونَ الذرِّيَّةِ، مُعْظَمُها من الإلكترونات. هٰذه الرِّيحُ الشمسيَّةُ اللَّامَرْئيَّةُ مَشْحونةٌ كَهربائيًّا وتُؤثِّرُ في مَجالِ الأرض المِغْنَطيسيّ فتَجْعَلُه غيْرَ مُتَماثِلٍ بانكِفائه نحو جانبِ الأرض الأبْعَدِ عن الشَّمْس وامتدادِه بَعيدًا جدًّا في الفَضَاء.





إستَخْدَمَ الصينيُّون البُوصَلةَ المِغْنَطيسيَّةَ حوالى العام الميلاديّ 1100 كدليلٍ ملاحيٍّ عندما لم يكُنْ هناك علاماتٌ يَسْتَرْشِدون بها؛ وأخذها العربُ ثُمَّ الغَرْبُ عنهم حوالى القَرْنِ الثالِثَ عَشَر.

المَجالاتُ المِغْنَطيسيَّة

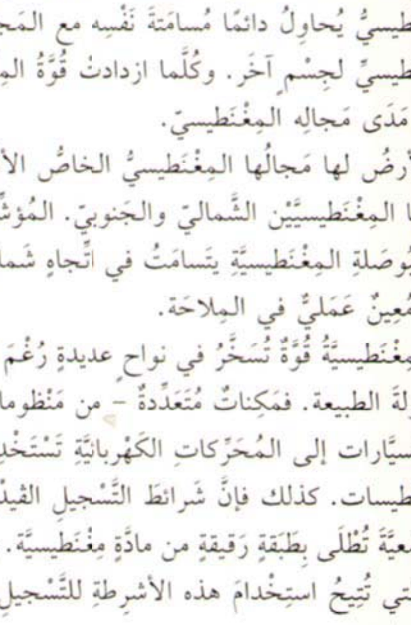
المَجالُ المِغْنَطيسيُّ هو النِّطاقُ حوْلَ مِغْنَطيسٍ الذي تَتأثَّرُ فيه، بِمِغْنَطيسيَّتِه، أجْسامٌ مِغْنَطيسيَّةٌ أُخرى. الجِسْمُ المِغْنَطيسيُّ يُحاوِلُ دائمًا مُسامَتَةَ نَفْسِه مع المَجالِ المِغْنَطيسيِّ لجِسْمٍ آخَر. وكُلَّما ازدادتْ قُوَّةُ المِغْنَطيس، يَزْدادُ مَدَى مَجالِه المِغْنَطيسيّ.

الأرضُ لها مَجالُها المِغْنَطيسيُّ الخاصُ الأقْوَى عندَ قُطْبَيْها المِغْنَطيسيَّيْن الشَّماليِّ والجَنوبيّ. المُؤشِّرُ المُمَغْنَطُ في البُوصَلةِ المِغْنَطيسيَّةِ يَتَسامَتُ في اتِّجاهٍ شَماليٍّ جَنوبيٍّ، وهو مُعِينٌ عَمَليٌّ في المِلاحَة.

المِغْنَطيسيَّةُ قُوَّةٌ تُسَخَّرُ في نواحٍ عديدةٍ رُغْمَ أنَّها ما تَزالُ مَجهولةَ الطبيعة. فمَكِناتٌ مُتَعَدِّدةٌ – من مَنْظوماتِ الإشعال في السيَّارات إلى المُحرِّكاتِ الكَهْربائيَّةِ تَسْتَخْدِمُ خَصائصَ المِغْنَطيسات. كذلك فإنَّ شَرائطَ التَّسْجيلِ الفيدْيُويَّةَ والسَّمْعيَّةَ تُطْلَى بِطَبَقةٍ رَقيقةٍ من مادَّةٍ مِغْنَطيسيَّة. وهذه المادَّةُ هي التي تُتيحُ استِخْدامَ هذه الأشرطةِ للتَّسْجيلِ واستِعادةِ التَّسْجيل.



▼ الحَمامُ الزَّاجِلُ يَسْتَعينُ بِمَجالِ الأرض المِغْنَطيسيّ لِتَحْديدِ مَساراتِه. والطيُورُ المُهاجِرَةُ، كالخَرْشَنة، تَستَخْدِمُ مَجالَ الأرض المِغْنَطيسيّ لإيجادِ طَريقِها بدِقَّةٍ على مَدَى آلافِ الكيلومترات.



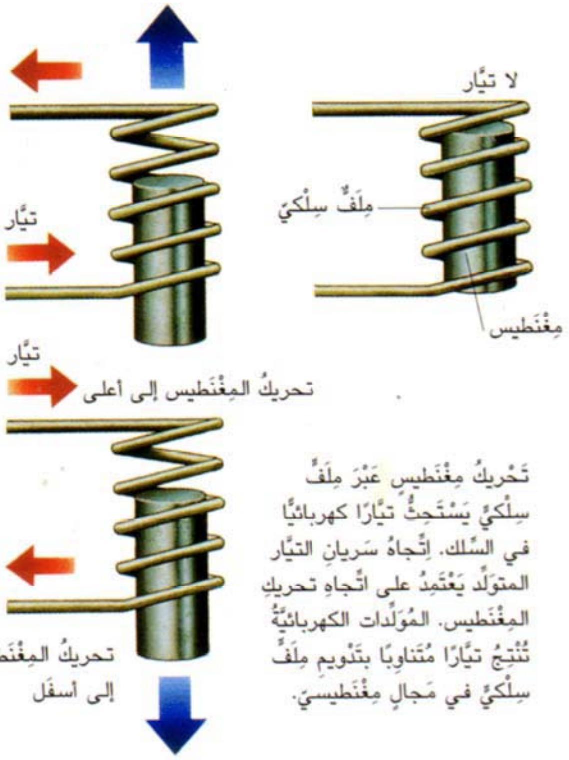
المَغْنيطومِتْرات نبائطُ تَقيسُ شِدَّةَ المَجالاتِ المِغْنَطيسيَّة. وهي تُقْطَرُ خَلْفَ الطائرةِ لِتَبَيُّنِ التغيُّراتِ في مَجالِ الأرض المِغْنَطيسيّ.

أُنْظُر أيضًا

الحديد ص 198
الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة ص 344 – 345
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة

الكَهْرُمِغْنَطيسيَّةُ ظاهِرةُ ترابُطٍ بين التيّارِ الكَهْربائيِّ السّاري عَبْرَ سِلْكٍ والمَجالِ المِغْنَطيسيِّ حوْلَ ذلك السِّلْك. وهي تُستَخْدَمُ في تَدْويرِ المُحرِّكاتِ وتَوليدِ الكَهْرباء.



تَحْريكُ مِغْنَطيسٍ عَبْرَ مِلَفٍّ سِلْكيٍّ يَسْتَحِثُّ تيّارًا كهربائيًّا في السِّلك. اتِّجاهُ سَرَيانِ التيّار المتولِّد يَعْتَمِدُ على اتِّجاهِ تحريكِ المِغْنَطيس. المُوَلِّدات الكهربائيَّةُ تُنْتِجُ تيّارًا مُتَناوِبًا بتَدْويمِ مِلَفٍّ سِلْكيٍّ في مَجالٍ مِغْنَطيسيّ.

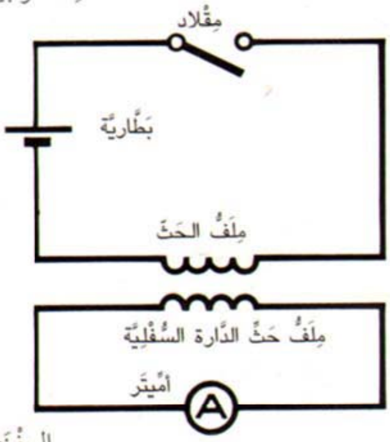


الفيزيائيُّ الدانِمَرْكيُّ هانْز كْريستيان أورْسْتِد (1777 – 1851) كان أوَّلَ من دَرسوا العلاقةَ بين التيّارِ الكهربائيِّ والمِغْنَطيسيَّة.

المِغْنَطيساتُ النِّضْويَّةُ (بشَكْلِ حَدوة الفرس) والقَضيبيَّةُ والحَلَقيَّةُ هي أمثلةٌ على المِغْنَطيساتِ الدائمة – فلا يُمكِنُ قَطْعُ أو وَصْلُ مِغْنَطيسيَّتِها. المِغْنَطيسات الكَهْربيَّةُ ليسَتْ مِغْنَطيساتٍ دائمة؛ فهي تتمَغْنَطُ فقط عند سَريانِ تيّارٍ كهربائيٍّ عَبْرَ سِلْكٍ أو مِلَفٍّ سِلْكيٍّ حولَها.

الفيزيائيُّ الدانِمَرْكيُّ هانْز أورْسْتِد كان أوَّلَ مَن لاحَظَ إحداثَ مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ بواسطَةِ تيّارٍ كَهْربائيّ. فأثناءَ إحدى مُحاضَراتِه العامَّة، وضَعَ بُوصلةً بالقُرْبِ من سِلْكٍ يَسْري عَبْرَه تيّارٌ كهربائيّ. فتَحَرَّكت الإبرةُ المِغْنَطيسيَّةُ للبُوصلة، مُبَيِّنةً وُجودَ مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ حوْلَ السِّلْك.

المِغْنَطيساتُ الكَهْربيَّةُ تَحوي عادةً سلكًا مُلَفَّفًا عِدَّةَ مَرّاتٍ لِزيادةِ المَجال المِغْنَطيسيّ. إنَّ مِثْلَ هذا المِلَفِّ يُسَمّى مِلَفًّا لَولبيًّا. وفي مُعْظَمِ الحالات، يكونُ المِلَفُّ مُلَفَّفًا حوْلَ قَلْبٍ من مادَّةٍ مِغْنَطيسيَّةٍ كالحَديد. فعندما يَسْري التيّارُ الكهربائيُّ عَبْرَ المِلَفّ، يَتَمَغْنَطُ القَلْبُ الحديديُّ مُؤقَّتًا. وهذا يَزيدُ من قُوَّةِ المِغْنَطيس مُضيفًا مَجالَ القَلْبِ الحديديِّ إلى مَجالِ المِلَفّ.



عندما يُوصَلُ مِقْلادُ قَفْل الدّارةِ العُلْيا، يُسَجِّلُ الأمّيتر في الدّارةِ السُّفْليَّةِ نَبْضًا تيّاريًّا قَصيرَ الأمَد.

يُمكِنُ صُنْعُ مِغْنَطيسٍ كَهْربيٍّ بَسيطٍ بِلَفِّ سِلْكٍ مَعْزولٍ مرّاتٍ عديدةٍ، على شَكْلِ مِلَفٍّ لَولَبيٍّ، حوْلَ مِسْمارٍ حديديٍّ ووَصْلِ طرَفَي السِّلْكِ بقُطْبَي بَطّاريَّة.

المِغْنَطيساتُ الكَهْربيَّةُ مُفيدةٌ عمليًّا لأنَّ مَجالاتِها المِغْنَطيسيَّةَ يُمكِنُ التحكُّم فيها بتَغْييرِ شِدَّةِ التيّارِ السّاري عَبْرَ المِلَفِّ أو قَطْعِه. أحيانًا، يُوصَلُ التيّارُ أو يُقْطَعُ بِبَساطة، كما هي الحالُ في المِغْنَطيسِ الكَهْربيِّ لِمِرْفاعِ ساحَةِ الخُرْدة.

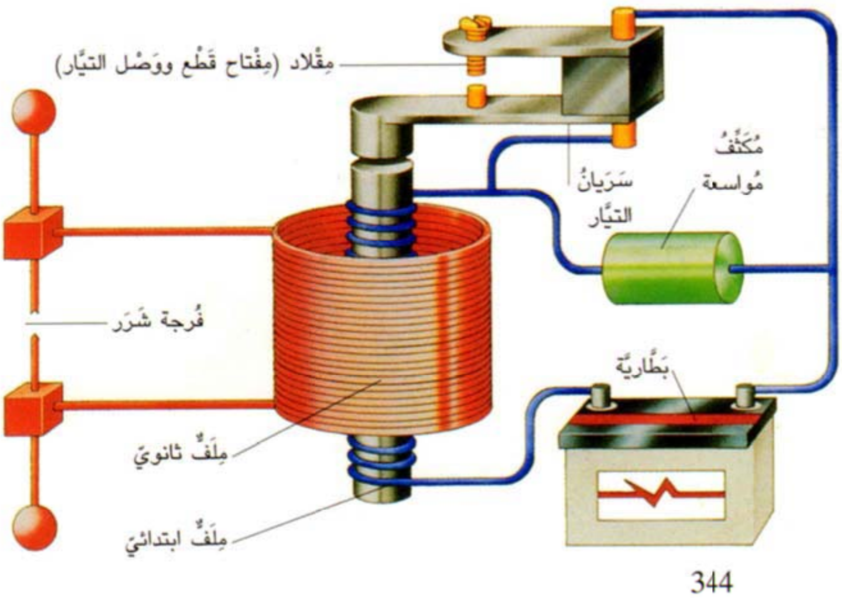
في المِجْهارِ (مُكَبِّر الصَّوت) يَسْري تيّارٌ مُتَغَيِّرٌ عَبْرَ مِلَفٍّ سِلْكيٍّ في قَفا مَخْروطِ المِجهار. والمَجالُ المِغْنَطيسيُّ المُتَغَيِّرُ يَجْعَلُ المَخْروطَ يَتَذَبْذَبُ في المَجالِ الثابِتِ للمِغْنَطيسِ الدائم مُوَلِّدًا ذَبْذَباتٍ هوائيَّةً تُضَخِّمُ ذَبْذَباتِ الصَّوت.

قِطاراتُ التوسيدِ المِغْنَطيسيِّ (الطافِيَةُ مِغْنَطيسيًّا) ومَساراتُها تَحوي مِغْنَطيساتٍ كَهْربيَّة. والتَّنافُرُ المِغْنَطيسيُّ يجعَلُ هذه القِطاراتِ تَطْفو فوقَ المَسار، بالإضافةِ إلى دَفْعِها أمامًا أو تَوقيفِها.



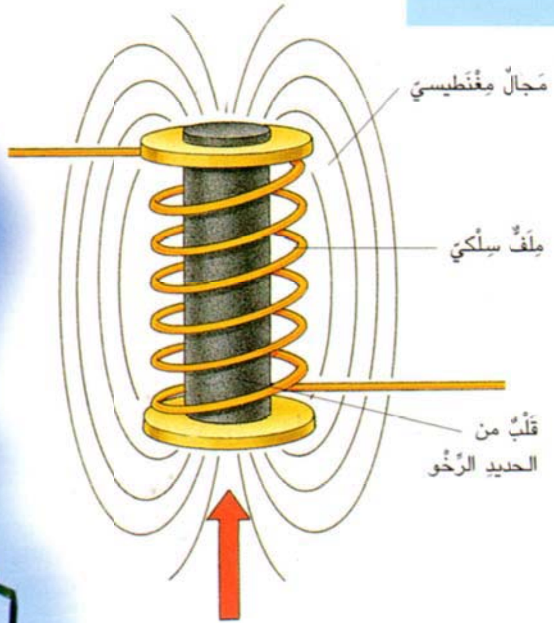
الفيزيائيُّ والبروفِسُور الأمريكيُّ في جامعة بْرِنسْتون جوزف هِنْري (1797 – 1878) اكتشفَ المُحاثَّةَ الكَهْرُمِغْنيطيَّة؛ وهو ابتكَرَ وركَّبَ أوَّلَ مُحَرِّكٍ كهربائيٍّ عامَ 1829.

دارةُ الإشْعالِ في مُحَرِّكِ السيّارة تَسْتَخْدِمُ الحَثَّ الكَهْرُمِغْنيطيَّ لإنتاجِ شَرارةٍ عاليةِ الفُلْطيَّة باستِخْدامِ تيّارٍ كهربائيٍّ من بَطّاريَّةٍ خَفيضةِ الفُلْطيَّة. فبَينَما يكونُ المِقْلادُ مَفْتوحًا (والدّارة مَقْطوعة)، تَتجمَّعُ شِحْنَةٌ في مُكَثِّفِ المُواسَعة. وعند انغلاقِ المِقْلاد (ووَصْلِ الدّارة) تَسْري هذه الشِّحْنَةُ عَبْرَ المِلَفِّ الابتدائيِّ كنَبْضة تيّار. وهذه النَّبْضَةُ تَسْتَحِثُّ في المِلَفِّ الثانويِّ فُلْطيَّةً هي من العِظَمِ بما يَكْفي لِعُبورِ شَرارةٍ في فُرْجةِ الشَّرر. هذه الشَّرارةُ هي التي تُشْعِلُ مَزيجَ الوَقود والهواءِ في الأُسْطُوانة.



المَجالُ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ

عندما يَسْري تيّارٌ عَبْرَ مِغْنَطيسٍ كَهْربيٍّ يتوَلَّدُ فيه مَجالٌ مِغْنَطيسيّ. وتعتَمِدُ قُوَّةُ المَجالِ على عَددِ اللَّفَّاتِ في المِلَفِّ السِّلكيِّ وعلى شِدَّةِ التيَّارِ الكَهْربائيّ. إنَّ مُضاعفةَ عددِ اللَّفَّاتِ أو مُضاعفةَ شِدَّةِ التيَّار تُوَلِّدُ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا مُضاعَفَ القُوَّة. وعندَ قَطْعِ التيَّارِ الكهربائيّ يهبِطُ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ إلى الصِّفْر.





الحَثّ

اكتشفَ العالِمُ البريطانيُّ مايْكل فارادي، عامَ 1831، أنَّ تيّارًا كهربائيًّا يَسْري عَبْرَ مِلَفٍّ سِلْكيٍّ عندَ تَحرُّكِ المِلَفِّ عَبْرَ مَجالٍ مِغْنَطيسيّ. وقد سَمَّى هذا التيَّارَ تيّارًا مُسْتَحَثًّا، وسُمِّيَتِ الظاهِرةُ التي وَلَّدَتْه حَثًّا أو تَحْريضًا. شِدَّةُ التيَّارِ المُسْتَحَثِّ تَتضاعَفُ بمُضاعَفةِ عددِ اللَّفّاتِ في المِلَفِّ أو بمُضاعَفةِ قُوَّةِ المَجالِ المِغْنَطيسيّ.

المُوَلِّداتُ الكَهْربائيَّةُ تَوَلِّدُ تيّارًا كهربائيًّا بجَعْلِ مِلَفٍّ يَدورُ بينَ قُطْبَي مِغْنَطيس. فالحَرَكةُ في المَجالِ المِغْنَطيسيِّ تَسْتَحِثُّ تيّارًا كهربائيًّا في المِلَفّ.

مِلَفّاتُ الحَثِّ تَسْتَخْدِمُ نَبَضاتِ التيَّارِ الكَهْربائيِّ في مِلَفٍّ لإحداثِ نَبَضاتٍ في مِلَفٍّ ثانٍ دُونَ تَحْريكِ أيٍّ منهُما. فنَبْضُ المَجالِ المِغْنَطيسيِّ من المِلَفِّ الأوَّل يُؤثِّرُ في المِلَفِّ الثاني كأنَّه اجتُحِفَ عَبْرَ مَجالٍ مِغْنَطيسيّ. وإذا كانَ المِلَفُّ الثاني يَحوي لَفّاتٍ سِلكيَّةً أكثرَ بكثيرٍ من لَفّاتِ المِلَفِّ الأوّل، فإنَّ تيّارًا ضَئيلًا في المِلَفِّ الأوَّل يُوَلِّدُ تيّارًا أكبرَ بكثيرٍ في المِلَفِّ الثاني. المُحَوِّلاتُ الكهربائيَّةُ تَسْتَخْدِمُ هذه الظاهِرةَ لِتَحْويلِ فُلْطيَّةِ المَدَدِ من تيّارٍ مُتَناوِب. وهذا يَصِحُّ في حالِ التيَّارِ المُتَناوِبِ لأنَّ اتِّجاهَ سَرَيانِه يَتغَيَّرُ باستِمْرار.

هنا مِغْنَطيسٌ كَهْربيٌّ ضَخْمٌ قُرْصيُّ الشَّكْلِ يَتَدلّى من ذِراعِ مِرْفاعِ الخُرْدَة. الأَشْياءُ والأَجْسامُ الفُولاذيَّةُ والحديديَّةُ تَتَطايَرُ نَحْوَ المِغْنَطيسِ عندَ وَصْلِ التيَّارِ الكَهْربائيّ. وبهذه الطريقة، يُمكِنُ فَصْلُ قِطعِ الحديدِ والفُولاذِ عمّا سواها لإعادةِ التَّدْوير.



قِطاراتُ التَّوْسيدِ المِغْنَطيسيِّ تَسْتَخْدِمُ تَنافُرَ الأَقْطابِ المِغْنَطيسيَّةِ المتماثِلَة لِرَفْعِ القِطارِ فوقَ السِّكَّة. والمُحَرِّكُ المُؤلَّفُ من عِدَّةِ مِغْنَطيساتٍ كَهْربيَّةٍ يَسْتَخْدِمُ مَجالاتٍ مِغْنَطيسيَّةً لِدَسْرِ القِطارِ قُدُمًا. قِطاراتُ التوسيدِ المِغنطيسيّ تُجابَهُ باحتِكاكٍ، وتتأذّى بالتآكُلِ، أقَلَّ بكثيرٍ من القِطاراتِ التقليديَّة. والقِطاراتُ الاختِباريَّةُ من هذا النَّمطِ في ألمانيا واليابان حَقَّقت سُرْعاتٍ أَزْيدَ من 400 كم/سا.

انْظُر أيضًا

الطَّيْفُ الكَهْرُمِغْنَطيسيّ ص 246 – 247
تَسْجيلُ الصَّوت ص 368 – 369
النُّفاياتُ وإعادةُ التَّدْوير ص 454 – 455

المُوَلِّداتُ والمُحَرِّكات

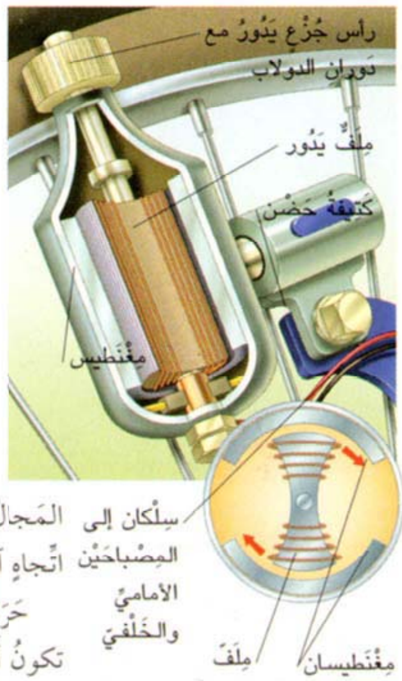
المُوَلِّداتُ تُوَلِّدُ الكَهْرباءَ بتأثيرِ مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ في مِلَفٍّ مُتحَرِّك. والمُحَرِّكاتُ تُوَلِّدُ حَرَكَةً بتأثيرِ مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ في مِلَفٍّ يَسْري فيه تيّارٌ كَهْرَبائيّ.

المُوَلِّداتُ الكهربائيَّةُ تَسْتَخْدِمُ الحَثَّ الكَهْرُمِغْنيطيَّ لِتُحَوِّلَ الطاقةَ الميكانيكيَّةَ إلى طاقةٍ كهربائيَّة. وفي المُحَرِّكِ الكهربائيِّ تنعكِسُ الحال، فيُوَلِّدُ التيّارُ، السّاري عَبْرَ المِلَفِّ، مَجالًا مِغْنَطيسيًّا يَجْعَلُ المِلَفَّ يَدُورُ بين مِغْنَطيسَيْنِ ثابِتَيْن.

المُوَلِّدات

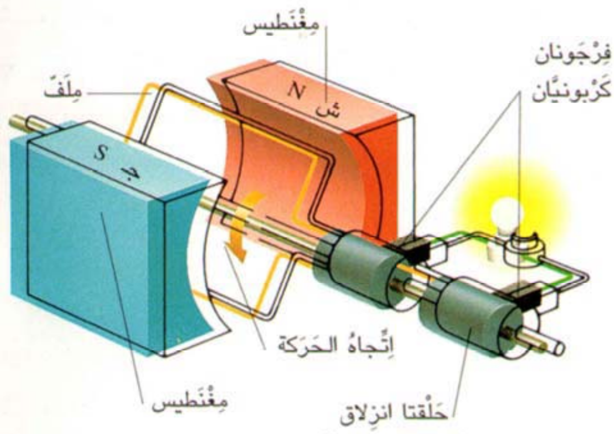
أحدُ أنواعِ المُوَلِّدات يَحوي مِلَفّاتٍ سِلْكيَّةً يُمكِنُ تَدْويمُها في مَجالٍ مِغْنَطيسيٍّ بواسطة عَمودِ إدارةٍ تُربينيِّ التدوير. أثناءَ دَورانِ عمودِ الإدارة، يَتَّجِهُ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ عَبْرَ المِلَفّاتِ أوَّلًا في اتِّجاهٍ، ثُمَّ في اتِّجاهٍ آخَر.

حَرَكةُ المِلَفِّ تُوَلِّدُ تيّارًا كهربائيًّا يكونُ الأشَدَّ عندما تكونُ أسلاكُ المِلَفِّ أقرَبَ إلى المِغْنَطيسَيْن. ومع مُواصلةِ دَورانِ عمودِ الإدارة، يَهْبِطُ التيّارُ إلى الصِّفْر عندما تكونُ أسلاكُ المِلَفِّ بينَ المِغْنَطيسَيْن مُباشَرةً. ثُمَّ يَبْدأُ التيّارُ بالتزايُدِ في الاتِّجاهِ المُعاكِس مع انعكاسِ المَجالِ المِغْنَطيسيّ.



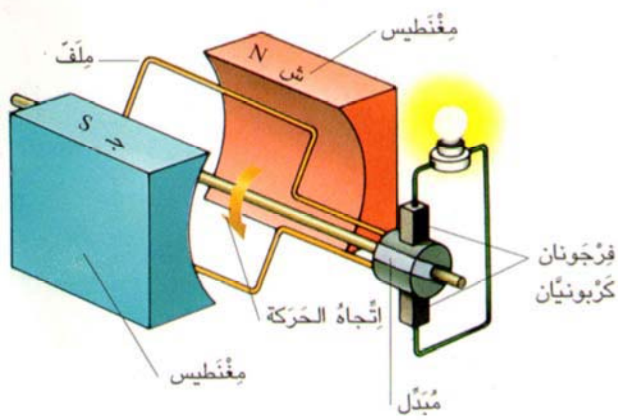
دِينَمُو الدرّاجةِ هو مُوَلِّدٌ كهربائيٌّ بَسيطٌ. فدَورانُ دُولابِ الدرّاجة يُدَوِّمُ مِلَفًّا بين مِغْنَطيسَيْن ثابِتَيْن.

تيّارٌ مُتَناوِبٌ (ت. مت.«a.c.»)



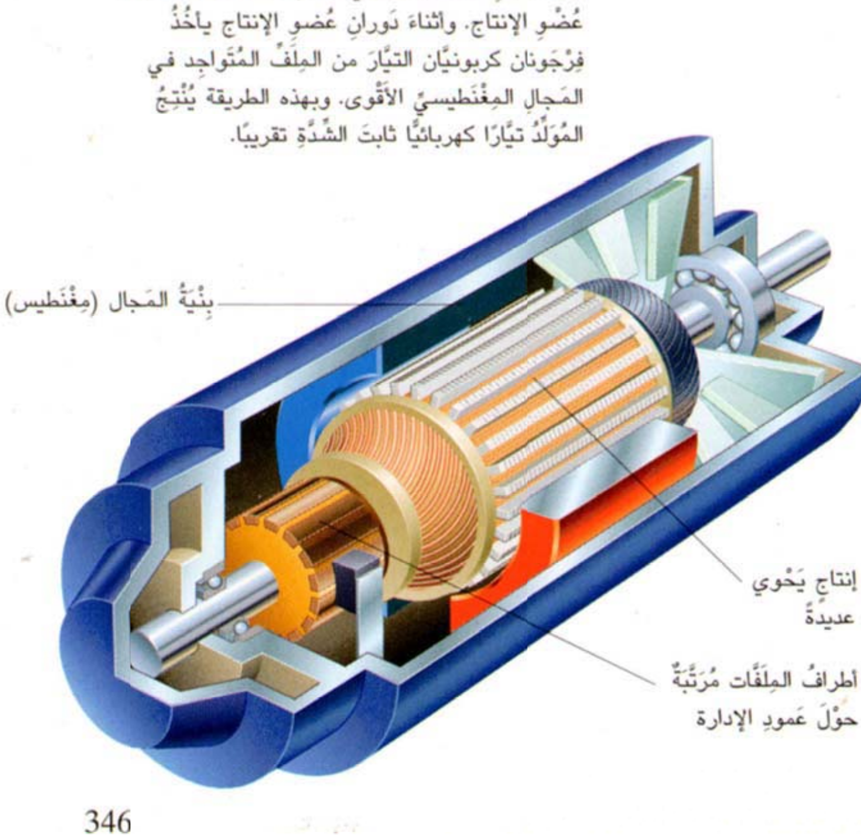
التيّارُ من المِلَفِّ في هذا المُوَلِّد هو صِفْر تقريبًا في هذا الوَضْع. وسيَبْدأُ بالانعِكاس مع اقتِرابِ ذِراعِ المِلَفِّ الأعلى من القُطْبِ الجنوبيِّ للمِغْنَطيس.

تيّارٌ مُسْتَمِرٌّ (ت. م. «d.c.»)



المُبَدِّلُ في مُوَلِّدِ التيّارِ المُسْتَمِرِّ يَعْكِسُ تَوصيلاتِ المِلَفِّ في كُلِّ نِصْفِ دَوْرة. وهكذا فإنَّ تيّارَ الخَرْجِ يَسْري في اتِّجاهٍ واحدٍ فقَطْ.

مُوَلِّدُ التيّارِ المُسْتَمِرِّ يَحْوي مِلَفّاتٍ عديدةً مَلْفُوفةً حوْلَ عُضْوِ الإنتاج. وأثناءَ دَورانِ عُضْوِ الإنتاج يأخُذُ فِرْجَونان كربونيّان التيّارَ من المِلَفِّ المُتَواجِدِ في المَجالِ المِغْنَطيسيِّ الأقْوى. وبهذه الطريقة يُنْتِجُ المُوَلِّدُ تيّارًا كهربائيًّا ثابتَ الشِّدَّةِ تقريبًا.



ويُمكِنُ استِخدامُ المُوَلِّدِ نَفْسِه لإنتاجِ تيّارٍ كهربائيٍّ مُتَناوِبٍ أو مُسْتَمِرٍّ، تبَعًا لِطريقةِ وَصْلِه. فإذا وُصِلَ طَرَفا المِلَفِّ بكَبْلَي الخَرْج عَبْرَ حلقتَي انزِلاقٍ، فإنَّ الكَبْلَين يكونان مُتَّصلين دوْمًا بالطَرَفِ نَفْسِه للمِلَفِّ فيتَحَوَّلُ التيّارُ جَيْئةً وذَهابًا مع تَدْويمِ المِلَفّ. والمولِّداتُ المَثيلةُ التي تُوَلِّدُ تيّارًا مُتَناوِبًا تُسَمَّى أحيانًا مُنَوِّبات.

ويُمكِنُ إنتاجُ تيّارٍ كهربائيٍّ مُسْتَمِرٍّ بالمِلَفِّ نَفْسِه إذا وُصِلَ طَرفاه بكَبْلَي الخَرْج عَبْرَ نَبيطةٍ، تُسَمَّى المُبَدِّل، تَعْكِسُ تَوصيلاتِ الخَرْجِ في كُلِّ مَرَّةٍ يَبْدأُ فيها التيّارُ بالانعِكاس. ويُسَمَّى مُوَلِّدُ التيّارِ المُسْتَمِرِّ أحيانًا الدِّنَمُو.

مَحَطّاتُ تَوليدِ القُدرة تَسْتَخْدِمُ بُخارًا أو ماءً أو غازًا مُحترِقًا لِتَدْويرِ التُّرْبين الذي يُديرُ المُوَلِّد. والتُّرْبينُ والمُوَلِّدُ مُتَّصلان بعَمودِ الإدارةِ نَفْسِه؛ وتُسَمَّى الوَحْدةُ بكاملِها مُوَلِّدًا تُرْبينيًّا.

في السيّاراتِ والشّاحِناتِ وقاطِراتِ الدِّيزِل، يُديرُ المُحَرِّكُ الرئيسيُّ مُوَلِّدًا يُوَفِّرُ المَدَدَ الكَهْرَبائيّ.

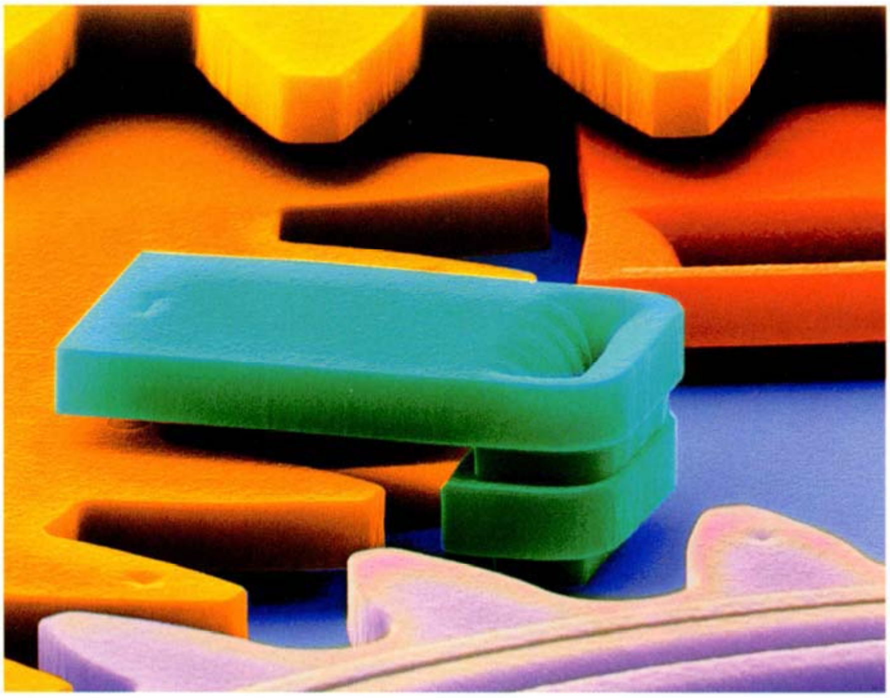
المُحَرِّكاتُ الكَهْربائيَّة

المُحَرِّكُ الكَهْربائيُّ يُحَوِّلُ الطاقةَ الكَهْربائيَّةَ إلى حَرَكة (أي طاقةٍ ميكانيكيَّة). وتُسْتَخْدَمُ مَلايينُ المُحَرِّكاتِ الكهربائيَّةِ، الكبيرةِ والصغيرة، في سائرِ أرجاءِ العالَم. وهي تُمِدُّ مدًى هائلًا من الأدواتِ والأجهزةِ والاحتياجات المُختلفةِ بالقُدرة - من المُسَجِّلاتِ واللُّعَبِ إلى مَراوحِ التَّهْوِيَة والمَرْكَباتِ الكهربائيَّة.

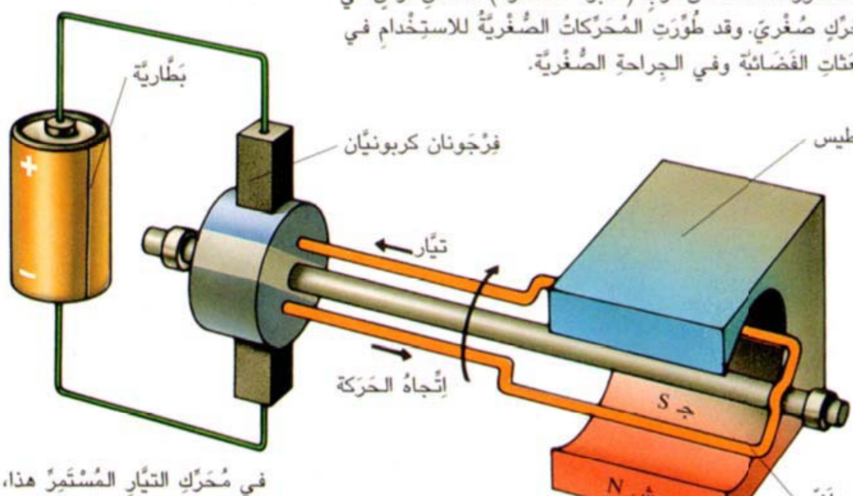
في مُعْظَمِ المُحَرِّكات، يكونُ المِغْنَطيس ثابتًا فيما يُدَوِّمُ المِلَفُّ السِّلْكيُّ الناقِلُ للتيَّارِ الكَهْربائيِّ بداخِله. فعِندما يَسْري تيَّارٌ عَبْرَ المِلَفِّ يتمغْنَطُ المِلَفّ. فتتجاذَبُ الأَقْطابُ المُتَخالِفَةُ وتَتَنافَرُ الأَقْطابُ المُتَشابِهَةُ، ويَدُورُ المِلَفُّ بين قُطْبَي المِغْنَطيسِ الثابت حتَّى يُواجِهَ قُطْبُ المِلَفِّ الشَّماليُّ القُطْبَ الجنوبيَّ للمِغْنَطيسِ الثابت. ثُمَّ يَنْعَكِسُ اتِّجاهُ التيَّار. فيَنْعَكِسُ قُطْبا المِلَفِّ ويُواجِهُ قُطْبُ المِلَفِّ الشَّماليُّ القُطْبَ الشَّماليَّ للمِغْنَطيس. وبتَنافُرِ الأَقْطابِ المُتماثِلَةِ الآنَ يَدُورُ المِلَفُّ نِصْفَ دَورةٍ أُخرى لِيُسامِتَ قُطْبَيْه مُجَدَّدًا. ومع استِمْرارِ انعِكاس التيَّارِ في المِلَفِّ كُلَّ نِصْفِ دَوْرة، يَسْتَمِرُّ المِلَفُّ في تدويمه.



بعضُ السيَّاراتِ الدُّمَى تُسَيَّرُ بِمُحَرِّكاتٍ كهربائيَّة. فتوصَلُ السيَّارةُ بِمَوْرِدِ تيَّارٍ مُسْتَمِرٍّ عَبْرَ لاقِطٍ يَتلاقَقُ في شَقَّيْ مَسارٍ مُكَهْرَب.



هذه صُورةٌ مُلْتَقطةٌ عن قُرْبٍ (مُكبَّرةٌ 200 مَرَّة) لأَسنانِ تُرْسٍ في مُحَرِّكٍ صُغْرَيّ. وقد طُوِّرَتِ المُحَرِّكاتُ الصُّغْريَّةُ للاستِخْدامِ في البَعَثاتِ الفَضائيَّةِ وفي الجِراحةِ الصُّغْريَّة.



في مُحَرِّكِ التيَّارِ المُسْتَمِرِّ هذا، يَسْري التيَّارُ من البَطَّاريَّةِ عَبْرَ مِلَفٍّ سِلْكيٍّ، فيَدورُ المِلَفُّ المُمَغْنَطُ في المَجالِ المِغْنَطيسيِّ بينَ قُطْبَي المِغْنَطيس.

مُحَرِّكُ التيَّارِ المُسْتَمِرِّ يَسْتَخْدِمُ مُبَدِّلًا يَعْكِسُ التيَّارَ في كُلِّ نِصْفِ دَورة. أمَّا مُحَرِّكُ التيَّارِ المُتَناوِبِ فأكثَرُ تَعْقيدًا، لأنَّ تيَّارَ الإمدادِ يَنْعَكِسُ مَرَّاتٍ عديدةً في الثانية. وبدَلَ المِغْنَطيسِ الدائم، يُجَهَّزُ بعضُ مُحَرِّكاتِ التيَّارِ المُتَناوِبِ بمِغْنَطيسٍ كَهْرِبيٍّ يُغَذَّى من مَصْدرِ الإمدادِ نَفْسِه كالمِلَفّ. وبهٰذه الطريقة، يَنْعَكِسُ كِلا المَجالَيْنِ المِغْنَطيسِيَّيْن للمِلَفِّ وللمِغْنَطيسِ الثابت عندما يَنْعَكِسُ تيَّارُ الإمداد.

قاعِدَةُ اليَد اليُسْرى لِفليمِنْغ

قاعِدَةُ اليَدِ اليُسْرى لِفليمِنْغ تُحَدِّدُ الاتِّجاهَ الذي يَدُورُ فيه المُحَرِّكُ. وتُمَثَّلُ بِجَعْلِ الإبْهامِ والسبَّابةِ والوُسْطَى من أصابع اليَدِ اليُسْرى في وَضْعٍ مُتَعامِدٍ إحداها مع الأُخْرَيَيْن. فبمُصافَّةِ سَبَّابةِ اليَدِ اليُسْرى مع المَجالِ المِغْنَطيسيِّ (جَنوبًا/ شَمالًا) والوُسْطَى مع التيَّارِ (مُوجِبًا/ سالِبًا) فإنَّ الإبْهامَ تُشيرُ إلى اتِّجاهِ حَرَكة المِلَفّ.

قاعِدَة اليَد اليُسْرى لِفليمِنْغ

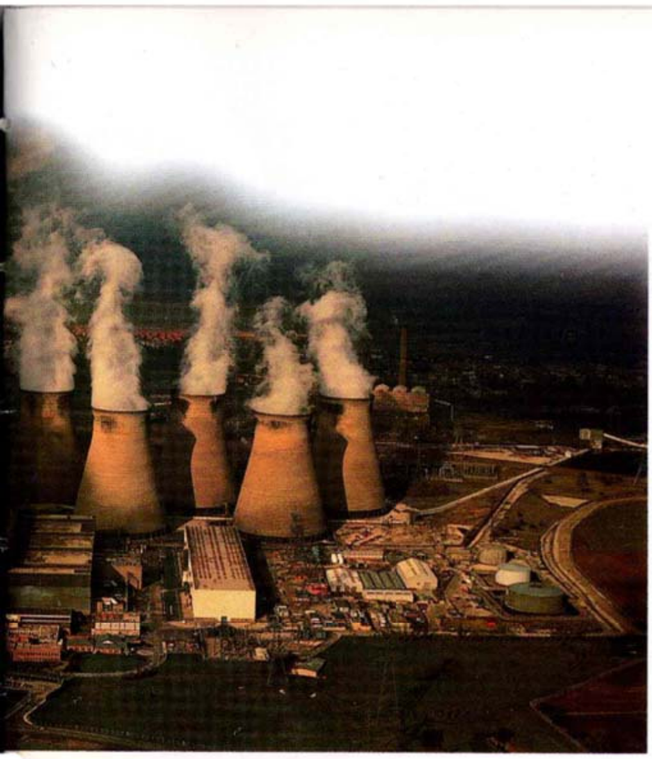


أُنْظُر أيضًا

الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة ص 344 – 345
مَحَطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة ص 348 – 349
مَصادِرُ الطاقةِ المُتَجَدِّدة ص 350 – 351

مَحَطَّاتُ تَوليدِ القُدْرة

تُوَلَّدُ الكهرباءُ في مَحطَّاتِ تَوليدِ القُدْرة في جميعِ أرجاءِ العالَم. والكثيرُ مِنها يَحْرِقُ وُقُدًا أُحْفوريَّةً لِتَوفيرِ الحرارة. وتُسَخِّرُ مَحطَّاتٌ أُخرى لذلك الطاقةَ النَّوَويَّةَ أو المَوارِدَ المُتَجَدِّدة.



الماءُ الساخِنُ من مُكَثِّفاتِ مَحطَّةِ تَوليدِ القُدْرةِ هذه، التي تعمَلُ بوَقْدِ الفَحْم، يُبَرَّدُ في ثمانيةِ أبراجِ تَبْريد. بعضُ الماءِ يُفْقَدُ كبُخار، لكِنَّ مُعْظَمَهُ يُستَخْدَمُ ثانِيَةً.

تُوَلَّدُ الكهرباءُ في مُعْظمِها في مَحَطَّاتِ قُدْرةٍ حراريَّة – هي في الواقِع مَصانِعُ تُحَوِّلُ الطاقةَ الحراريَّةَ إلى طاقةٍ كهربائيَّة. وفي الكثيرِ من مَحطَّاتِ تَوليدِ القُدْرة تُوَفَّرُ الحرارةُ بِحَرْقِ الوُقُدِ الأُحفوريَّة. وتَسْتَخْدِمُ مَحَطَّاتٌ أُخرى الحرارةَ المُبْتَعثَةَ خِلالَ تفاعُلٍ نَوَويٍّ في تَوليدِ الكهرباء.

الوُقُدُ الأُحْفوريَّة

الوُقُدُ الأُحْفوريَّةُ هي بَقايا حيَوناتٍ ونَباتاتٍ عاشَتْ منذُ ملايينِ السِّنين. وقد طُمِرَتْ هٰذه البَقايا بالرُّسابات وتحَوَّلَتْ على مدَى مَلايينِ السِّنين إلى مكامِنَ وَقُودٍ جَوفِيَّةٍ (تحتَ الأرض).

الوُقُدُ الأُحْفوريَّةُ تَشْمَلُ النِّفْطَ والفَحْمَ والغازَ الطبيعيّ – وكُلُّها مُرَكَّباتٌ من الكربون والهِدْروجين. مُعْظَمُ مَحَطَّاتِ تَوليدِ القُدْرة التي تَسْتَخْدِمُ وُقُدًا أُحفوريَّةً تَحْرِقُ كمِّيَّاتٍ ضَخْمةً منها لإنتاجِ بُخارٍ من الماءِ لإدارةِ التُّرْبينات.

والتُّرْبيناتُ بِدَوْرِها تُوَفِّرُ القُدْرةَ المِيكانيكيَّةَ لِتَشْغيلِ المُوَلِّداتِ الكهربائيَّة.

مَحَطَّاتُ تَوليدِ القُدْرةِ التُّرْبينيَّةُ الغازيَّةُ تَسْتَخْدِمُ الغازاتِ الحارَّةَ الناتجةَ من حَرْقِ الغازِ الطبيعيِّ أو المازوتِ لإدارةِ التُّرْبينات دُونَ تَوليدِ بُخار.

الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ تُستَخدَمُ في الأَغلبيَّةِ العُظْمى من مَحَطَّاتِ تَوليدِ القُدْرةِ حوْلَ العالَم، لكِنْ لها مَعايِبُها.

فالغازاتُ الناتِجةُ من حَرْقِ الوُقُدِ الأُحفوريَّةِ تَحوي ثاني أُكسيد الكربون الذي يُسَبِّبُ ظاهِرةَ الحمُوِّ العالميّ. وتَحوي أيضًا الغازاتِ التي تُكَوِّنُ مَطرًا حامضيًّا. يُضاف إلى ذلك أنَّ الوقُدَ الأُحفوريَّةَ لنْ تَدُومَ إلى الأَبَد.

القُدْرةُ النَّوويَّة

مَحَطَّاتُ القُدْرةِ النَّوَويَّة تَسْتَخْدِمُ الإنشِطارَ النَّوَويَّ الذي يُطْلِقُ كمِّيَّاتٍ ضَخْمةً من الحرارة من كَمِّيَّاتٍ ضَئيلةٍ من الوَقُود. نَوى العناصِرِ المُشِعَّة، كاليورانيوم، تَنْشطِرُ أحيانًا.



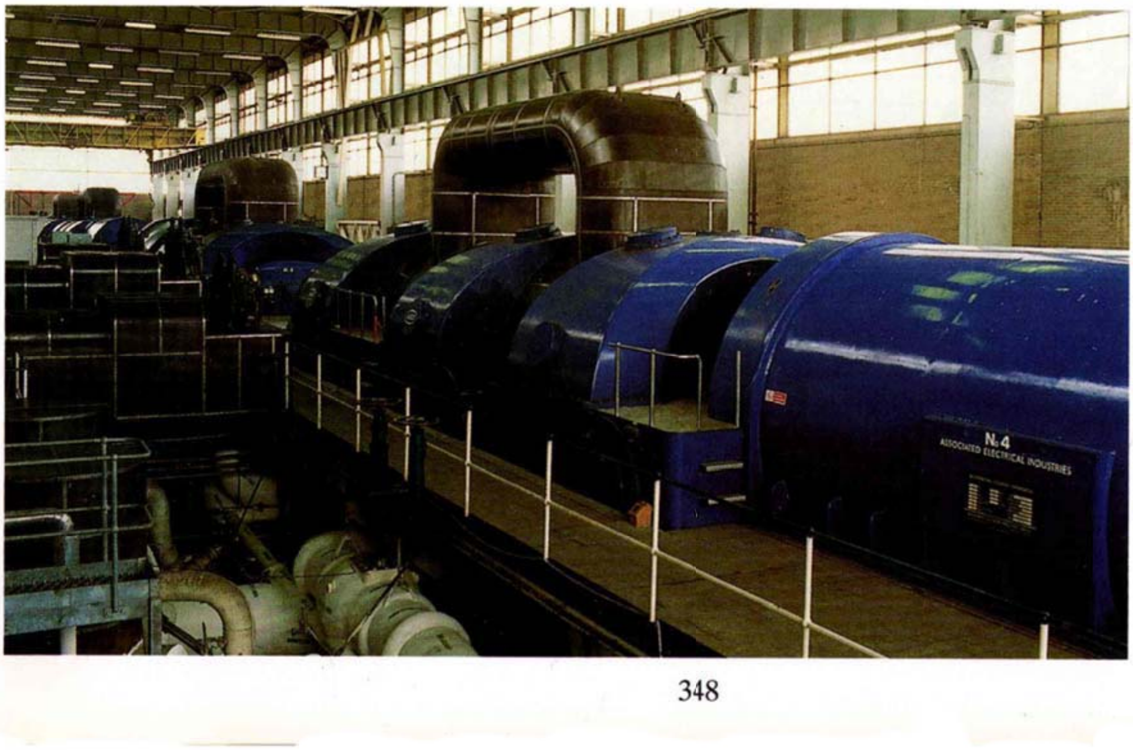
زَيْتُ الوَقُود (المازوت) المُسْتَخْدَمُ للحَرْقِ في أفران مَحَطَّاتِ تَوليدِ القُدْرة هو أحَدُ مُنْتَجاتِ عمليَّةِ تكريرِ النِّفْط الطبيعيّ.



الغازُ الطبيعيُّ يُنْتِجُ بالإحتِراق تَلَوُّثًا أقَلَّ من زَيْتِ الوَقُود؛ وهو يُحْرَقُ غالِبًا في تُرْبيناتٍ غازيَّة.



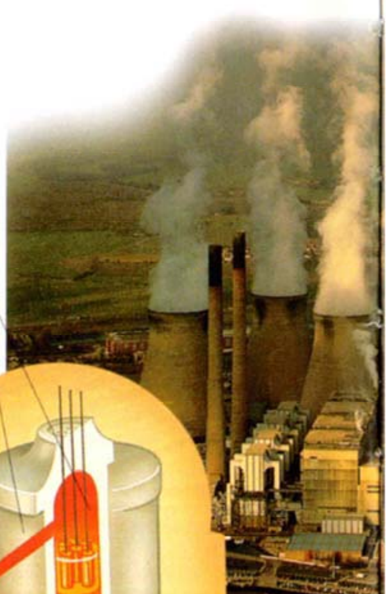
الفَحْمُ أكثَرُ وَفْرةً في الطبيعة من الغازِ الطبيعيّ؛ لكِنَّ حَرْقَ الفَحْمِ يُنْتِجُ تلَوُّثًا أكثر. والكثيرُ من مَحطَّاتِ تَوليدِ القُدْرة الحديثةِ تُرَشِّحُ هذا التلَوُّثَ وتُزيلُ المُلَوِّثاتِ من غازاتِ الأفران.

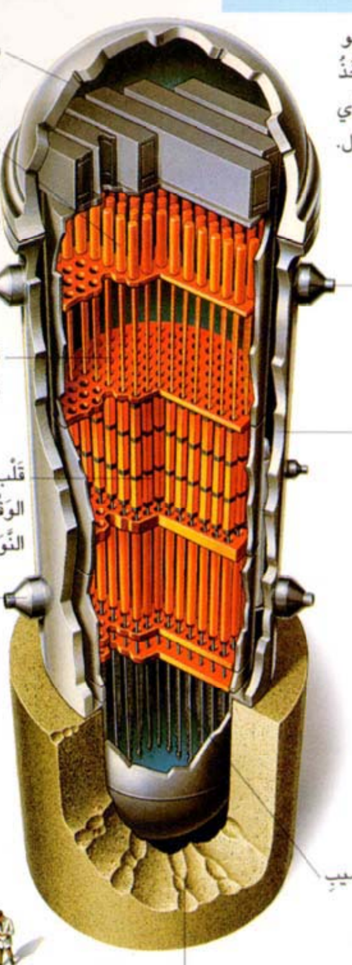


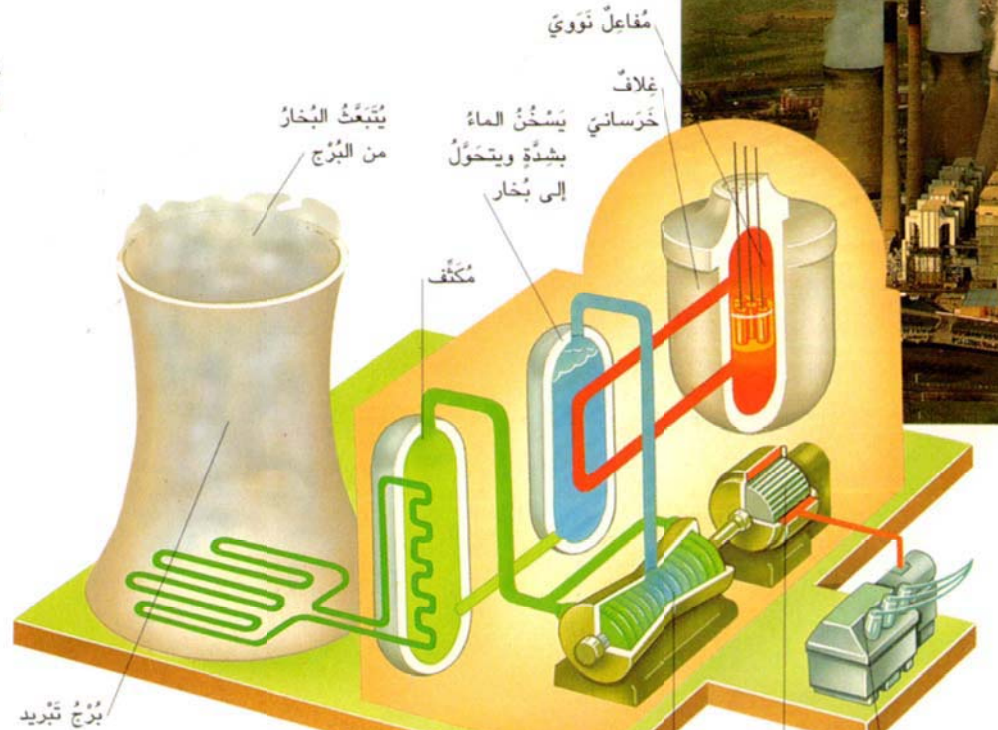
هذا المُوَلِّدُ يُشارِكُ التُّرْبينَ في عَمودِ الإدارة الذي يُديرُه. ويَظْهَرُ في خَلْفيَّةِ الصُّورة مُوَلِّدٌ تُرْبينيٌّ ثانٍ.

مَحطّاتُ القُدْرةِ النَّوَوِيَّة

مَبْدئيًّا الفرقُ الوَحيدُ بين مَحطَّةِ القُدْرةِ النَّوَوِيَّةِ ومَحطَّةِ قُدْرةٍ تَعْمَلُ بِوَقْدِ الفَحْمِ أو النَّفْطِ هو مَصْدَرُ الحرارة. أمَّا باقي عمليَّةِ التَّوليد فمُتَماثِلٌ في كلا النَّمَطَيْن. في المَحطَّةِ النَّوَوِيَّةِ يأخُذُ المُبَرِّدُ الحرارةَ من المُفاعِلِ إلى المِرْجَلِ حيثُ تُحَوِّلُ الحرارةُ الماءَ إلى بُخارٍ يُديرُ التُّرْبين الذي بدَوْرِه يُديرُ المُوَلِّدَ الكهربائيّ. ثُمَّ يَتكثَّفُ البُخارُ إلى ماءٍ في المُكَثِّفِ قَبْلَ عَوْدتِه إلى المِرْجَل. الماءُ المُبَرِّدُ من المكثِّف يَفْقِدُ فائضَ حرارَتِه عَبْرَ أبْراجِ التَّبْريد.







هنالك أعدادٌ ضَخْمةٌ من قُضْبانِ الوَقود وقُضْبانِ التحكُّم داخِلَ المُفاعِلِ النَّوَوِيّ. في المُفاعِلِ أعلاه، هذه القُضْبانُ مَغْمورةٌ في الماء، الذي هو المُهَدِّئُ وأيضًا المُبَرِّد.

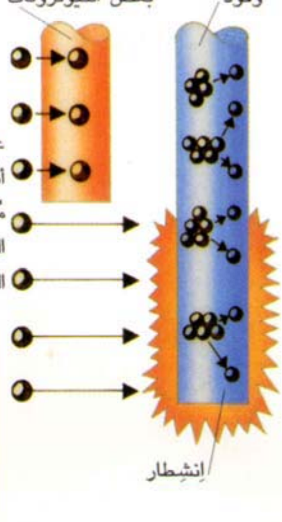
وعندما تَنْشَطِرُ تُطْلِقُ طاقةً حراريَّةً وجُسَيْماتٍ دَقيقةً تُسَمَّى نُيوتْرونات. ويُمكِنُ لهذه النيوتْرونات عندما تَصْدِمُ نَوًى أُخرى ذاتَ فاعليَّةٍ إشعاعيَّةٍ أن تجعَلَها تَنْشَطِرُ بادئةً بذٰلك ما يُسَمَّى تفاعُلًا مُتَسَلْسِلًا. المُهَدِّئاتُ هي موادُّ تُساعِدُ في حُدوثِ التفاعُلِ المُتَسَلْسِل - إذ تُبَطِّئُ النيوتْروناتِ مُعَزِّزَةً فُرَصَها لإحداثِ انشِطارات. أمّا قُضْبانُ التحَكُّم فإنَّ بإمكانِها تَبْطِئَةَ التفاعُلِ المُتَسَلْسِلِ أو وَقْفَه بامتِصاصِ النيوتْرونات ومَنْعِها من إحداثِ مَزيدٍ من الإنشِطارات.

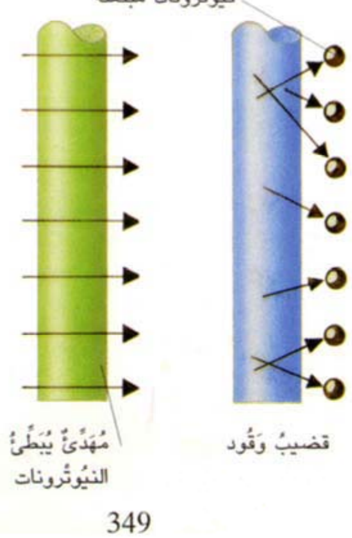
في خَمْسينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، تَطَلَّعَ الناسُ إلى القُدْرةِ النَّوَوِيَّةِ كأنَّها الحَلُّ لإحتياجاتِ العالَمِ الطاقيَّةِ حاليًّا ومُستَقْبلًا. فالكيلوغرام من وَقودِ اليُورانيُوم يُمكِنُ أن يُوَفِّرَ كمِّيَّةً من الطاقة تَفوقُ ما يُوفِّره 2000 طُنٍّ من الفَحْم دُونَ إنتاجِ مُلَوِّثاتٍ بيئيَّةٍ كغازِ ثاني أُكسيدِ الكربون أو غازاتِ المَطَرِ الحامِضيّ.

للأسَف هٰذه التطلُّعات لَمّا تَتحقَّقْ - فالتَّكلِفَةُ العاليةُ لِمُعالَجةِ الوَقُودِ النَّوَوِيّ واستِخْدامِه بأمانٍ يَجْعلان الكهرباءَ المُوَلَّدةَ نَوَوِيًّا باهِظةَ الثَّمَن. كما إنَّ التعامُلَ غيرَ المأمونِ مع هذه الطاقة قد يكونُ كارِثيًّا - كما تَبيَّنَ من انفِجارِ المُفاعلِ النَّوويّ في مَحطَّةِ القُدْرةِ النَّوَوِيَّةِ في تْشِرنوبيل، بأوكْرانيا عام 1986.



عامَ 1942، أقامَ الفيزيائيُّ الإيطاليُّ أنْريكو فِيرْمي (1901 – 1954) أوَّلَ مُفاعِلٍ نَوَوِيّ في مَلعبِ تِنِس السكْووش بجامعةِ شيكاغو في الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة.





النيُوتْروناتُ المُنْبَعِثةُ بالتفاعُلاتِ الإنشِطاريَّةِ في قُضْبانِ الوَقُود، تُبَطَّأُ بِمُهَدِّئٍ يُعَزِّزُ فُرَصَها لإحداثِ انشِطاراتٍ في ذرّاتٍ أُخرى. أمّا قُضْبانُ التَّحَكُّم فيُمكِنُها وَقْفُ أو تَبْطِئةُ التفاعُلِ المُتَسَلْسِل بامتِصاصِ النيُوتْرونات.

أُنْظُر أيضًا

مَصادِرُ الطاقة المُتَجَدِّدة ص 350 – 351
النُّفاياتُ وإعادةُ التَّدْوير ص 454
المَوارِدُ الطبيعيَّة ص 456 – 457

مَصادِرُ الطَّاقةِ المُتَجَدِّدة

بخِلافِ الوُقُدِ الأُحفوريَّة المَحدودةِ المَخزون ومَصيرُها النفادُ، فإنَّ مَصادِرَ الطاقةِ المُتَجَدِّدة لنْ تنفَدَ أبدًا. وتَشْمَلُ هذه المَصادرُ ضوءَ الشَّمْسِ وهبوبَ الرِّياحِ والقُدْرة الكَهْرَمائيَّة من حَركةِ المَدِّ والجَزْرِ ومِياهِ المَطر.



تُرْبينٌ هوائيٌّ عَموديُّ المِحْوَر يَدُوْمُ حوْلَ عَمودِ إدارةٍ قائم. وهو مُصَمَّمٌ لِتَلَقِّي الرِّيح من أيِّ اتِّجاهٍ تَهُبّ.

حوالى ثلاثةِ أرْباعِ الكَهْرباء في العالَم تُوَلَّدُ بِمَحَطّاتٍ حراريَّةٍ لتَوليدِ القُدْرةِ تَعْمَلُ بالوُقُدِ الأُحفوريَّةِ أو بالقُدْرةِ النَّوَويَّة. الوُقُدُ الأُحفوريَّةُ تُحْدِثُ تلَوُّثًا بيئيًّا وَمَوارِدُها مَحْدودة؛ والوُقُدُ النَّوَويَّةُ باهِظةُ التكلفةِ للاستِخدامِ المأمون، ونُفاياتُها خَطِرةٌ وعَسِيرةُ التَّخْزين.

هنالك طرُقٌ عديدةٌ أُخرى لِتَشْغيلِ المُوَلِّداتِ الكهربائيَّةِ دُونَ إحداثِ تلَوُّث أو التعَرُّضِ لأخطارِ الحوادثِ النَّوَويَّة. والكثيرُ من هذه البدائلِ يَسْتَخْدِمُ المَوارِدَ الطبيعيَّةَ المُسْتَدامةَ التي نُسَمِّيها مَصادِرَ طاقةٍ مُتَجَدِّدةً.

التُّرْبيناتُ الهوائيَّة

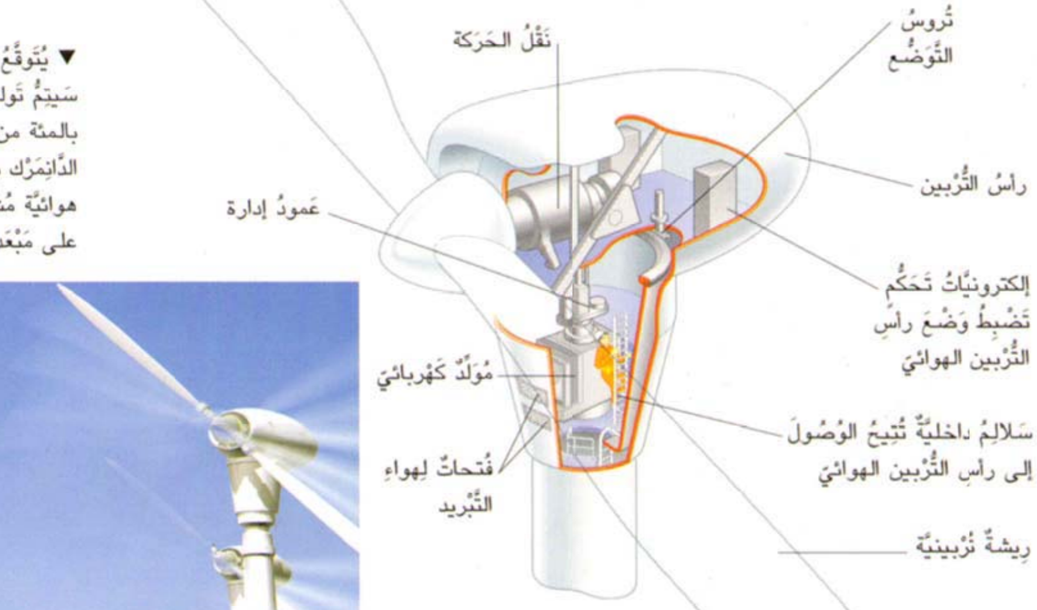
ظَلَّت الطواحينُ الهوائيَّةُ، مُنْذُ قُرونٍ عديدةٍ، تُسْتَخْدَمُ في طَحْنِ الحبُوبِ وفي ضَخِّ المياه. وهي تُحَوِّلُ قُدْرةَ الرِّيح إلى قُدْرةٍ ميكانيكيَّةٍ مُفيدة. حاليًّا، الطواحينُ الهوائيَّةُ المُطَوَّرةُ، المُسَمَّاةُ تُرْبيناتٍ هوائيَّةً، تَسْتَخْدِمُ قُدْرةَ الرِّياح لإدارةِ مُوَلِّداتِ الكَهْرباء.

أرياشُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّةِ يُمكِنُ دَورانُها حوْلَ عمودِ إدارةٍ أُفقيٍّ أو عَموديّ. واللاتي تَدورُ حوْلَ مِحْورٍ أُفقيٍّ، كطواحينِ الهواءِ التقليديَّة، مُجَهَّزةٌ بآليَّةٍ تُوَجِّهُ الأرياشَ ضِدَّ الرِّيح إذا ما تَغَيَّرَ اتِّجاهُها. أمّا التُّرْبيناتُ العَموديَّةُ المِحْور فتَتَلَقَّى الرِّيحَ من أيِّ اتِّجاه تَهُبُّ.

التُّرْبينُ الهوائيُّ المُفْرَدُ الذي طولُ أرياشِه 25 مترًا، يُمكِنُه توفيرُ ما يَكْفي من الكَهْرباء لِسَدِّ احتِياجاتِ جاليَةٍ صَغيرة. وهٰذه التُّرْبيناتُ بالِغَةُ الإفادة للقُرى والجُزُرِ النائيَة.

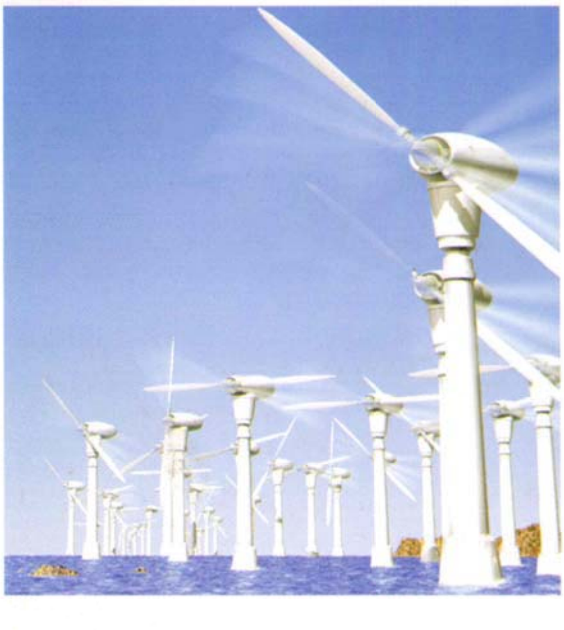
تُقامُ مُعْظَمُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّةِ في مُجَمَّعاتٍ تُسَمَّى حُقولَ تُرْبيناتٍ هوائيَّة. حاليًّا، تَتواجَدُ أضْخَمُ هذه الحُقول في الدانِمَرْك والولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة. ويُنْتِجُ الحَقْلُ النَّمُوذَجيُّ منها أكثَرَ من 1000 ميغاواط في طَقْسٍ كَثير الرِّياح.

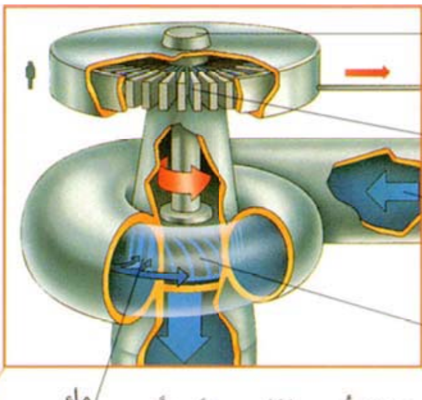
تُقامُ حُقولُ التُّرْبيناتِ الهوائيَّة غالبًا على سواحِلَ مُسَطَّحةٍ أو على مَبْعَدةٍ من الشاطِئ، حيثُ الرِّيحُ أقْوى وأقَلُّ عَصْفًا منها داخِلَ البِلاد.



◄ تَبْدو التُّرْبيناتُ الهوائيَّةُ الأُفُقيَّةُ كَمَراوحِ الدَّسْر. وتعتَمِدُ كمِّيَّةُ ما تُوَلِّدُه من القُدْرةِ على سُرعَةِ الرِّيح وزاويةِ هُبوبِها عَبْرَ الأرياش. وتَعْمَلُ آليَّةُ تَحَكُّمٍ إلكترونيَّةٌ على تَوْجيهِ رأسِ التُّرْبين دَومًا ضِدَّ اتِّجاهِ الرِّيح – بحيثُ يَتِمُّ تَلَقِّي القُدْرةِ القُصْوى منها. وتُوَصِّلُ مَنْظومَةُ نَقْلِ الحَرَكة أرياشَ التُّرْبين إلى مُوَلِّدٍ كَهْربائيّ في رأس التُّرْبين عَبْرَ عمودِ إدارة.

▼ يُتَوَقَّعُ أنّه بِحُلولِ العام 2030 سَيتِمُّ تَوليدُ ما يَزيدُ على 25 بالمئة من مُجْمَلِ الكَهْرباءِ في الدّانِمَرْك بواسِطةِ حُقولِ تُرْبيناتٍ هوائيَّة مُشاطِئة (داخِلَ البَحْر على مَبْعَدةٍ من الشّاطِئ).





▲ يَدْخلُ الماءُ التُّربينَ عَبْرَ أنبوبٍ مُقَوَّسٍ حوْلَ حافَّتِه. فيَسْري الماءُ عَبْرَ الأَرْياشِ التُّرْبينيَّةِ ويُغادِرُ التُّربينَ عَبْرَ وَسَطِه.

القُدْرةُ المائيَّة

يُوجَدُ ثلاثةُ أشكالٍ من القُدْرةِ المائيَّة هي: القُدْرةُ الكَهْرَمائيَّةُ والقُدْرةُ المَدّجَزْريَّةُ والقُدْرةُ المَوْجيَّة. القُدْرةُ الكَهْرَمائيَّةُ تَسْتَخْدِمُ قُوَّةَ الماءِ المُنْدَفِقِ، من خزَّانٍ عَبْرَ سَدٍّ، لِتَدْويرِ التُّربيناتِ وتَوليدِ الكَهْرباء.

القُدْرةُ المَدّجَزْريَّةُ تُسَخِّرُ قُدْرةَ المياه المُنْدَفِقةِ إلى داخِلِ مَصَبٍّ نَهْريٍّ ثُمَّ خُروجِها منه. فَيُقامُ سَدٌّ خَفيضُ المُسْتَوى عَبْرَ المَصَبِّ، لِتُديرَ مياهُ المَدِّ المُنْدَفِقَةُ ثُمَّ مياهُ الجَزْرِ المُتَراجِعَةُ تُرْبيناتٍ في السَّدّ. ويُقَدَّرُ أنَّ وَحْدةَ تَوليدِ القُدْرة المَدّجَزْريَّة على نَهْر لارَانْس، بفرَنْسا، تُنْتِجُ ما يَكْفي من القُدْرة لِسَدِّ احتياجاتِ 300 000 شَخْص.

نَبائطُ القُدْرةِ المَوْجيَّةِ تَسْتَخْدِمُ حَرَكَةَ ارتفاعِ المَوْجِ وهُبوطِه لِتَدْويرِ مُوَلِّداتِ الكهرباء. إحدى هذه النبائطِ تُسَمَّى البَطَّة. والبَطّاتُ النَّوّادةُ طافِياتٌ لَدائنيَّةٌ بَيْضيَّةُ الشَّكلِ مُرَوَّسَةٌ كقَطَراتِ الدَّمْع (أنْظُر ص 459). وهي تَحْوي نبائطَ تَضُخُّ الماءَ عندما تَتَنَوَّدُ مُتَرجِّحَةً صُعودًا وهُبوطًا مع الأَمواج. والماءُ من صَفيفِ بَطّاتٍ نَوّادةٍ يُمكِنُه ضَخُّ ما يكفي من الماءِ لِتَدْويرِ تُرْبينٍ ومُوَلِّدٍ صَغيرَيْن.

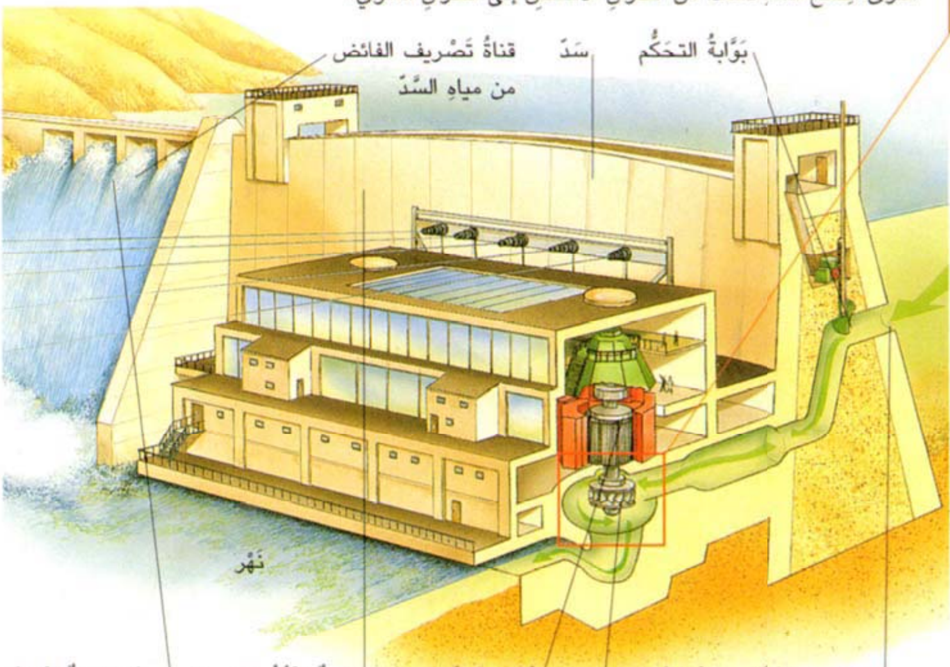
ضَوءُ الشَّمْس

يُمكِنُ تَبْئيرُ الحرارةِ من ضَوءِ الشَّمْس على مِرْجَلٍ في وَسَطِ آلافِ المَرايا المُسَلَّطَةِ عَليه. والبُخارُ من المِرْجَلِ يُديرُ مُوَلِّداتٍ تُرْبينيَّةً شَبيهةً بالمُوَلِّداتِ في مَحطّاتِ توليد القُدْرة العاملةِ بوَقْدِ الفَحْم.

وهناك نبائطُ، تُسَمَّى خلايا فُلْطائيَّةً ضوئيَّةً، تُنْتِجُ قُوَّةً دافِعةً كهربائيَّةً بتَحْويلِ الطاقةِ الضوئيَّةِ إلى طاقةٍ كهربائيَّة. وهي تُسْتَخْدَمُ لِتَوفيرِ تَيّاراتٍ كهربائيَّةٍ للمَرْكَباتِ الفَضائيَّة ولِبَعْضِ الحاسِباتِ والرّاديوات.

القُدْرةُ الكَهْرَمائيَّة

تُقامُ مُنْشآتُ القُدْرةِ الكَهْرَمائيَّة غالبًا في مناطِقَ جَبليَّةٍ حيثُ يَغْزُرُ المَطَرُ وَحيثُ يُمكِنُ إقامةُ سُدودٍ على الأَوديَةِ الطبيعيَّةِ تُحْتَجَزُ لمياهُ خَلْفَها في خزّانات. والمَشْروعُ الكهرَمائيُّ المُفْرَدُ الأَضْخَمُ هو المُقامُ في إتايْبُو، على الحُدودِ بينَ البرازيل والپاراغْواي في أمريكا الجَنوبيَّة. وهو يُوَلِّدُ ما يَزيدُ على 12 000 ميغاواط من القُدْرة. وهنالك مَشْروعٌ قيْدَ التَّنْفيذ في الصِّين ستَبْلُغُ قُدْرتُه 20 000 ميغاواط. القُدْرةُ الكهرَمائيَّةُ تُوَلِّدُ قُرابةَ 20 بالمئة من الكهرباءِ في العالَم. بعضُ مَحطّاتِ القُدْرةِ الكهرَمائيَّةِ يَسْتَخْدِمُ نِظامَ الضَّخِّ التَّخْزينيّ. فخِلالَ النَّهار وازدِيادِ الطَّلَبِ على الطاقة يُدْفَقُ الماءُ من خَزّانٍ عُلْويٍّ نُزُولًا إلى المَحَطَّةِ الكهرَمائيَّةِ لِيُسْهِمَ في إدارةِ التُّرْبينات، ثُمَّ يُجْمَعُ في خَزّانٍ أَخْفضَ. وفي اللَّيْل، حينَ يَنْخَفِضُ الطَّلَبُ على الكَهْرباء، تُسَخَّرُ القُدْرةُ الفائضةُ، من مَحطّاتِ قُدْرةٍ أُخرى، لِضَخِّ الماءِ صُعُدًا من الخَزّانِ الأَخفضِ إلى الخَزّانِ العُلْويّ.



الجيُوثِرْميَّة (الحرارةُ الجَوفيَّة الأرضيَّة)

غالبًا ما تكونُ الصُّخورُ الجَوفيَّةُ حارَّةً جِدًّا. مَحَطّاتُ تَوليدِ القُدْرة الجيُوثِرْميَّة تَسْتَخْدِمُ الحَرارةَ من هذه الصُّخورِ لِتُحَوِّلَ الماءَ إلى بُخار. والبُخارُ يُمكِنُ استِخْدامُه لِتَوليدِ الكَهْرباء أو للتَّدْفِئة.



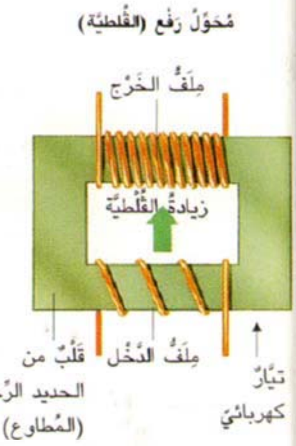
◄ في مَحطَّةِ تَوليدِ القُدرة الحراريَّة الأرضيَّة (الجيُوثِرميَّة) هٰذه في أَيْسلَنْدا، تُحْفَرُ آبارٌ لِبُلوغِ الحرارةِ الجَوفيَّة (تحتَ سَطْحِ الأرض). ويُضَخُّ الماءُ في الصُّخورِ الحارَّةِ حيثُ يَتَحَوَّلُ إلى بُخار. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذا البُخارِ لتَوفيرِ قُدْرةٍ لإدارةِ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّةٍ أو لِتَدْفِئةِ المَنازِلِ والمَكاتب.

أُنْظُر أيضًا
تَسْخيرُ قُدْرةِ المَوْجِ ص 328 – 329
تَسْخيرُ قُدْرةِ الرِّياح ص 330 – 331
المَوارِدُ الطبيعيَّة ص 456

تَوْزيعُ القُدْرةِ الكَهْربائيَّة

مَنظوماتُ التَّوزيعِ تَنْقُلُ الكَهْرباءَ من مَحَطّاتِ تَوليدِ القُدْرة إلى حيثُ تُستَخْدَمُ في المَنازِلِ والمَصانِعِ والمَتاجِر.

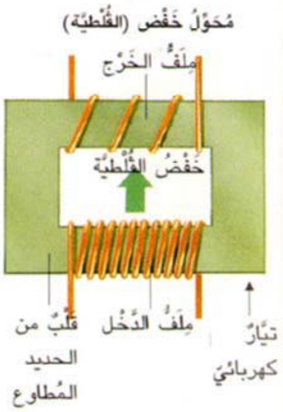
خُطوطُ وكُبولُ القُدرة التي تُوَزِّعُ الكهرباءَ في أنحاءِ البلدِ أو المِنطقةِ تُسَمَّى الشَّبكة أو شَبكةَ تَوْزيع القُدرة. وقد تَتلَقّى الشَّبكةُ النموذجيَّةُ الكهرباءَ من مَحَطّاتِ تَوليدِ قُدْرةٍ تعمَلُ بوَقْدِ الفَحْم على مَقْرُبةٍ من مناجِم الفَحْم، أو من مَحَطّاتٍ نَوَويَّةٍ على شواطِئَ أو أماكِنَ مُنعزلةٍ، أو من مَحَطّاتٍ كهرَمائيَّةٍ في أعالي الجِبال. ويُمكِنُ لِشَبكةِ التوزيعِ نَفْسِها إيصالُ الكهرباءِ لِلمُستَهْلِكين القاطنينَ بعيدًا جِدًّا عن مواقعِ مَحَطّاتِ التَّوليد.



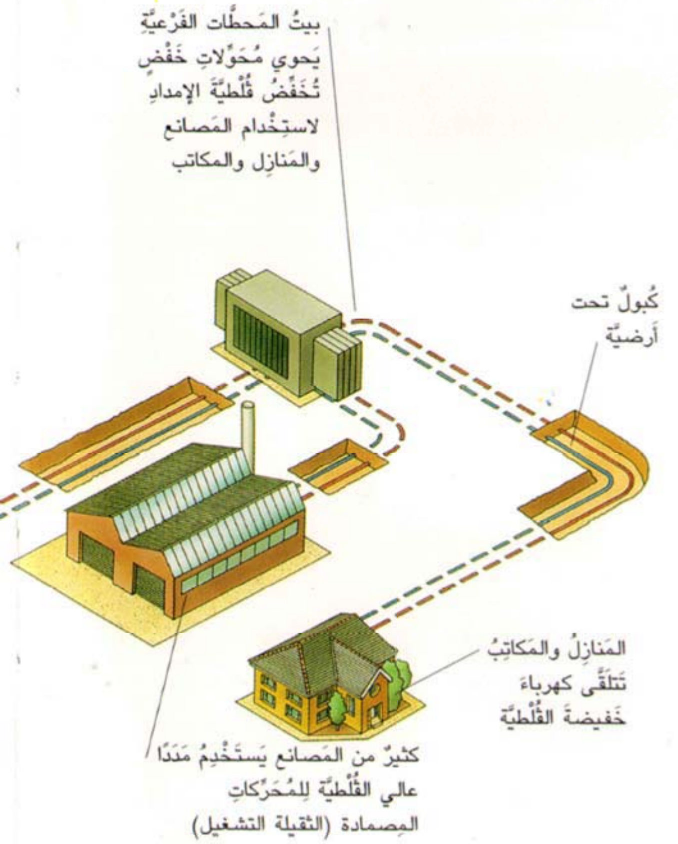
تَخْفيضُ فَقْدِ القُدْرة

عندما يَمُرُّ تيّارٌ كهربائيٌّ في سِلْكٍ يَسْخُنُ السِّلْكُ ويُفْقَدُ بعضُ الطاقة الكهربائيَّة كطاقةٍ حراريَّة. ويَتناسَبُ هذا الفَقْدُ الحراريُّ طرديًّا مع مُرَبَّعِ شِدَّةِ التيّار. فإذا تضاعفَ التيّارُ مرَّتين مثلًا، تَزدادُ كمِّيَّةُ الحرارة الناتجةُ أربعَ مرَّات – أي يَزدادُ فَقْدُ الطاقة أربعَ مرَّات. وحيثُ إنَّ الكهرباءَ تَسري غالبًا مئاتِ الكيلومترات عَبْرَ كبُولِ الشَّبكة، مُبَدِّدةً كمِّيّاتٍ كبيرةً من الطاقة على طُولِ امتِداداتِها، فمن الأفضلِ بديهيًّا استِخْدامُ أصغرِ تيّارٍ مُمْكِنٍ لِخَفْضِ هذا الفَقْدِ الطاقيّ.

والمَعلوم أنَّ كمِّيَّةَ القُدْرةِ التي يَنقُلُها الكَبْلُ يُمكِنُ زيادتُها إمّا بزيادةِ تيّارِ الإمدادِ أو بزيادةِ الفُلطيَّة – (القُدْرة = الفُلطيَّة × شِدَّة التيّار). لِذا فإنَّ الكُبولَ المُمتدَّةَ على مَدى مَسافاتٍ طويلةٍ تَستخدِمُ فُلطيّاتٍ عاليَّةً جدًّا، وبالتالي تيّاراتٍ خَفيضةً لِخَفْضِ الفَقْدِ الطاقيّ.



تَتناسَبُ فُلطيّاتُ الدَّخْلِ والخَرْجِ في مُحَوِّلاتِ رَفْعِ الفُلطيَّة أو خَفْضِها طَرْديًّا مع عددِ اللَّفّاتِ في مِلَفَّي الدَّخْلِ والخَرْج.



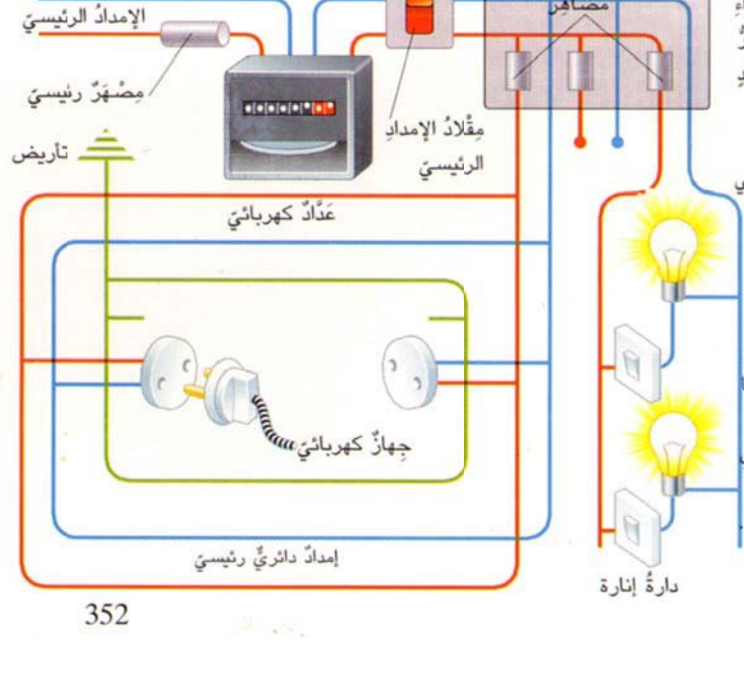
المُحَوِّلاتُ تَرْفَعُ فُلطيَّةَ الخَرْجِ من مَحطَّةِ تَوليدِ القُدْرة لِخَفْضِ فَقْدِ القُدْرة في الكُبولِ المُمتَدَّةِ عَبْرَ مَسافاتٍ طويلة. وفي المَحَطّاتِ الفَرْعيَّة، على مَقْرُبةٍ من مواقعِ المُستَهْلِكين، تُخَفِّضُ الفُلطيَّةُ للاستِعْمالِ المَنْزليّ.

المُحَوِّلاتُ والمَحَطّاتُ الفَرْعيَّة

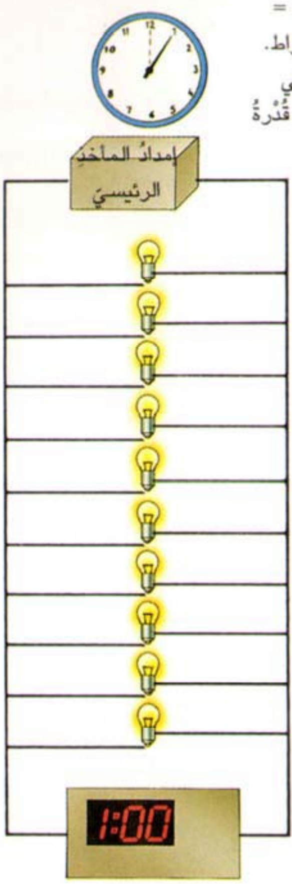
مُحَوِّلاتُ القُدْرةِ الكهربائيَّةِ تُحَوِّلُ التيّارَ المُتناوِبَ من فُلطيَّةٍ إلى أُخرى؛ وهي تُحَقِّقُ ذلكَ في التيّاراتِ المُتَناوِبَة فقط. يتألَّفُ المُحَوِّلُ من مِلَفَّيْنِ مَلْفوفَيْنِ حولَ قَلْبٍ من الحديدِ المُطاوع، الذي يَبْدو غالبًا ككَعْكةٍ مُرَبَّعة. يُوصَلُ مَدَدُ التيّار المُتناوِبِ بأحدِ المِلَفَّيْن، المُسَمَّى المِلَفَّ الابتدائيّ، فيُوَلِّدُ التيّارُ المُتناوِبُ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا مُتناوِبًا يتولَّدُ ويَزولُ مع تناوُباتِ التيّار.

القَلْبُ الحديديُّ يُرَكِّزُ المَجالَ المِغْنَطيسيَّ الذي يَمُرُّ عَبْرَ مِلَفٍّ آخَرَ يُسَمَّى المِلَفَّ الثانويّ. هذا المَجالُ المِغْنَطيسيُّ المُتناوِب يَسْتَحِثُّ فُلطيَّةً مُتناوِبةً في المِلَفِّ الثانويِّ المَوْصُولِ بِمَرْبِطَي (قُطْبَي) الخَرْج.

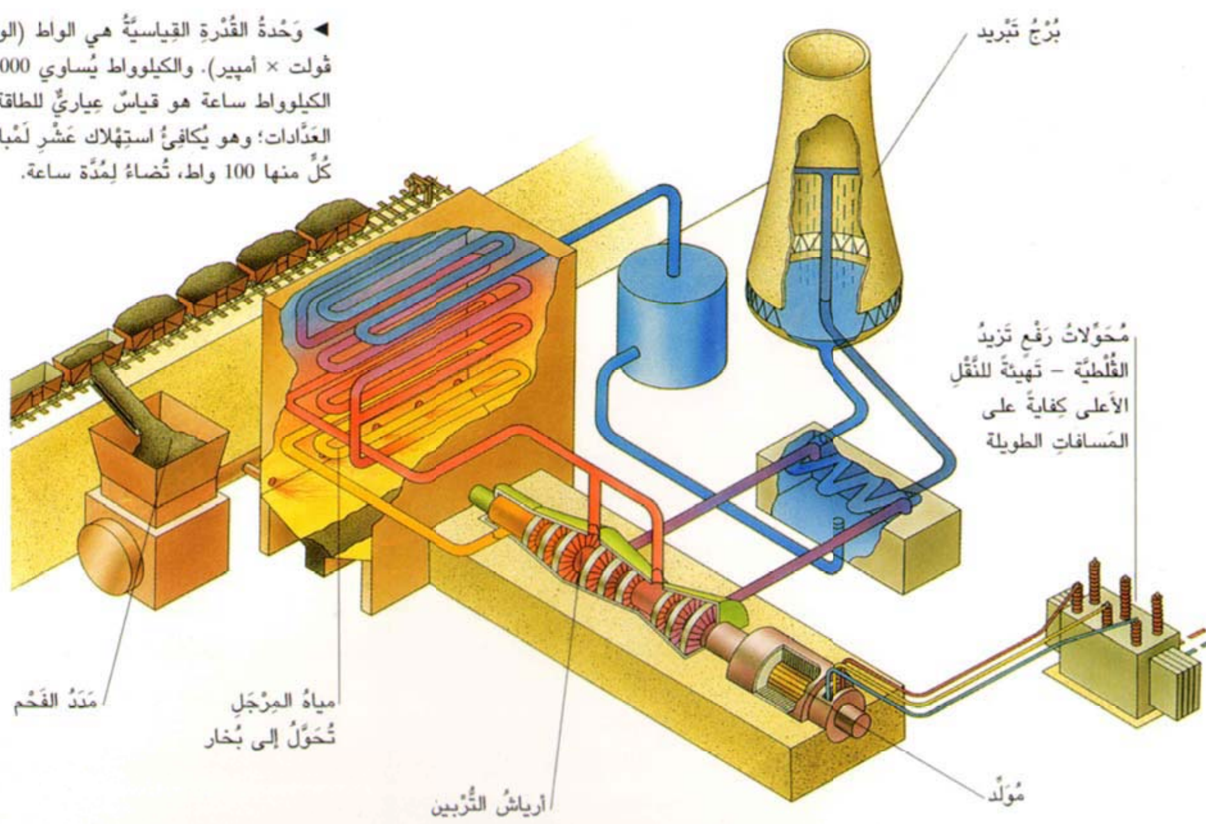
فُلطيَّةُ الخَرْجِ تَعْتَمِدُ على فُلطيَّةِ الدَّخْلِ وعلى نِسْبَةِ عددِ اللَّفّاتِ في المِلَفَّين. فإذا كان عددُ لَفّاتِ المِلَفِّ الثانويِّ ضِعْفَ عددِ لَفّاتِ المِلَفِّ الابتدائيّ، فإنَّ الفُلطيَّةَ تَتَضاعَفُ مَرَّتَيْن. المُحَوِّلاتُ في مَحَطّاتِ تَوليدِ القُدْرة تَرْفَعُ خَرْجَ المُوَلِّد من بِضْعةِ آلافِ فُلْط إلى ما بين 100 000 وَ 400 000 فُلْط – أو رُبَّما أكثَرَ – في شَبكةِ التَّوْزيع.



شَبكةُ الكهرباءِ في مَنْزِلٍ تَمُرُّ أوّلًا عَبْرَ عَدّادٍ يُسَجِّلُ كمِّيَّةَ الكَهْرباء المُستَهْلَكةَ في الإنارة ومُختَلِفِ الأَجْهِزةِ المَنْزِليَّة. مَصاهِرُ قَطْعِ الدّارةِ مُهِمَّتُها الوِقايةُ ضِدَّ تجاوُزِ الحِمْلِ الذي قد يُسَبِّبُ حَريقًا.



◄ وَحْدةُ القُدْرةِ القِياسيَّةُ هي الواط (الواط = فُولت × أمبير). والكيلوواط يُساوي 1000 واط. الكيلوواط ساعة هو قياسٌ عِياريٌّ للطاقة في العَدَّادات؛ وهو يُكافِئُ استِهْلاك عَشْرِ لَمْبات، قُدْرةُ كُلٍّ منها 100 واط، تُضاءُ لِمُدَّة ساعة.



وعلى مَقْرُبَةٍ من المُدُنِ والبَلْدات تَقومُ مُحَوِّلاتُ الخَفْضِ في المَحَطَّاتِ الفَرْعيَّةِ الإقليميَّة بِخَفْضِ القُلْطيَّةِ عادةً إلى 33 000 أو 11 000 قُلْط للتَّوْزيعِ المَحلِّيّ. بعضُ المَصانِعِ يَستَخْدِمُ قُدرةً بهذا القَدْرِ من القُلْطيَّةِ لِلمُعَدَّاتِ المِصمادة (الثقيلة التشغيل والقَوِيَّةِ الاحتِمال). ويُخَفَّضُ الباقي أكثَرَ فأكثَرَ في مَحَطَّاتٍ فَرْعيَّةٍ مَحلِّيَّةٍ إلى قُلْطيَّةِ الإمدادِ المَنْزليّ. ففي أوروبا ومُعظم العالمِ العربيِّ، القُلْطيَّةُ المَنْزليَّةُ العاديَّةُ هي ما بين 220 وَ 240 قُلْط؛ وهي في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة وبعضِ البُلدان الأخرى 110 قُلْط.

الكهرباءُ في المَنازل

الكهرباءُ من شبكةِ التَّوْزيعِ المَحلِّيَّةِ تَمُرُّ أوَّلًا عَبْرَ عَدَّادٍ عندَ دُخُولِها المَنْظومة المَنْزِليَّة. العَدَّادُ يُسَجِّلُ مِقْدارَ الطاقة المُسْتَهْلكة. ومن العَدَّادِ تُوصَلُ الكُبولُ بالمِقْلادِ الرئيسيِّ، الذي يُسْتَخْدَمُ لِقَطْعِ الإمدادِ عن المَنْزل بكامِله عندَ الحاجةِ إلى فَحْصٍ أو تَصْليحِ مَنْظومةِ التَّمْديدات المَنْزِليَّة.

من ثَمَّ تَنْتَقِلُ القُدْرةُ إلى عُلْبة المَصاهِرِ أو عُلْبةِ قَواطعِ الدَّارة. المَصاهِرُ أَسْلاكٌ صَهُورةٌ تَنْصَهِرُ وتَقْطَعُ الدَّارةَ عندَ تجاوزِ التيَّارِ حَدًّا مُعَيَّنًا وِقايَةً من الأخطار. وَقواطِعُ الدَّارة هي مَقاليدُ تَفْصِلُ الدَّارةَ عن الإمدادِ الرئيسيِّ عندما لا يكونُ للتيَّارِ حاجةٌ في ذلك الفرعِ من الدَّارة. وكِلا المَصاهِرِ ومَقاليدِ قَطْعِ الدَّارةِ هي نبائطُ أمان، لأنَّ التيَّارَ الشَّديدَ والمُستدامَ قد يُسَبِّبُ حَريقًا كهربائيًّا.

في عُلْبةِ المَصاهِرِ أو عُلْبةِ قَواطِعِ الدَّارة، تَنْقَسِمُ الأَسْلاكُ إلى داراتٍ مُنْفَصِلَةٍ – لِكُلِّ دارةٍ مِصْهَرٌ أو قاطِعُ دارةٍ مُلائمٌ للتيَّارِ العاديِّ المارِّ عَبْرَها. دَاراتُ الإنارةِ تَسْحَبُ التيَّارَ الأَقَلَّ، وتَنفجرُ مَصاهِرُها، لِدَواعي الأمان، إذا تخَطَّى التيَّارُ بِضْعةَ أمپيرات. دَاراتُ المَقابِسِ الجِداريَّةِ تَسْحَبُ عادةً تيَّاراتٍ مُعْتَدِلةً. وللمَواقِد الكهربائيَّةِ غالِبًا داراتُها الخاصَّةُ لأنَّها تَسْحَبُ قَدْرًا كبيرًا من التيَّار.

▼ التِّرامُ الكهربائيُّ، كالمُبَيَّن أدناه، يجري على مَسارٍ خاصٍّ مُقام فوق سَطْحِ الطريق. والسُّنْجَةُ اللاقِطَةُ على سَطحِه تَسْتَمِدُّ التيَّارَ لِمُحَرِّكاتِه.



اُنْظُر أيضًا

المُوَلِّداتُ والمُحَرِّكات ص 346 – 347
المُوَصِّلات ص 360 – 361
العَوازِل ص 362

تَخْزينُ الكَهْرباء

الخَلايا والبَطّاريّاتُ الكَهْرُكيماويَّةُ مَنْظوماتٌ قائمةٌ بذاتِها، وهي غالِبًا مَصادِرُ نَقُولةٌ من الطاقة. المُواسِعاتُ (المُكثِّفاتُ السّعويَّة) تُسْتَخْدَمُ لِتَخْزينِ الشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة.

يُمكِن اختِزانُ الكهرباءِ كَشِحْناتٍ في نبائطَ تُسَمّى مُكَثِّفاتٍ سَعويَّة، أو كَطاقةٍ كيماويَّةٍ في خَلايا كَهْربائيَّة. والبَطّاريّاتُ هي مَجْموعاتُ خلايا كَهْربيَّةٍ مَوصولةٍ معًا. يُمكِنُ استِخْدامُ تَفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ مُتَنوِّعةٍ لِتَخْزينِ الكهرباء. تَنْفَدُ الكهرباءُ من الخلايا الأَوَّليَّةِ عندما تَنْفَدُ فاعِليَّتُها باكتِمالِ تفاعُلِ الكيماويّاتِ فيها، وتُطْرحُ الخَليَّةُ عِندَئذٍ. في الخلايا القابِلةِ لإعادةِ الشَّحْنِ، المُسَمّاةِ أيضًا الخلايا الثانويَّةَ أو المَراكِم، يُمكِنُ عَكْسُ التفاعُلِ الكيماويِّ بِضَخِّ كمِّيَّةٍ من الكَهْرباءِ في الخَليَّة. عندئذٍ، يُمكِنُ استِخْدامُ الخليَّةِ المُعادِ شَحْنُها مُجدَّدًا.

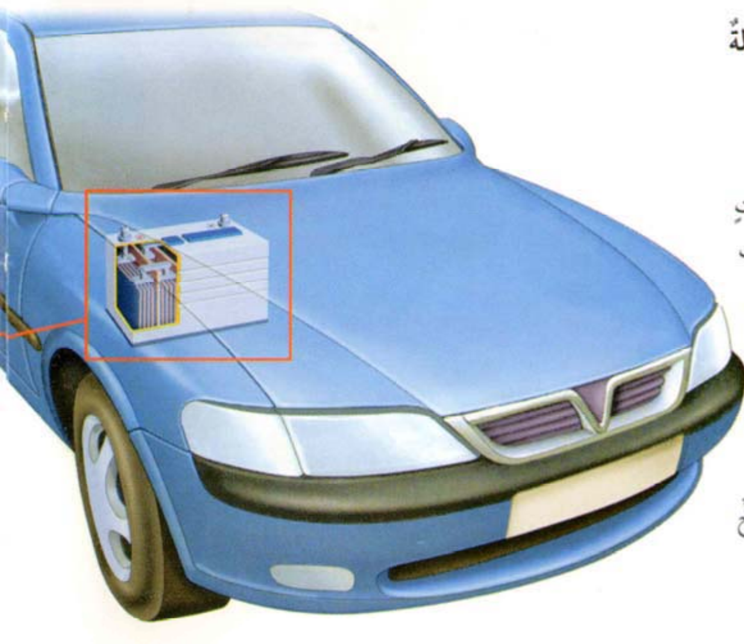
المُواسِعات (المُكَثِّفاتُ السَّعَويَّة)

المُواسِعُ (أو المُكَثِّفُ السَّعَويُّ) نَبيطةٌ تَخْتزِنُ الشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة. يتألَّفُ المُكَثِّفُ السَّعَويُّ من صَفيحتَيْنِ فِلِزِّيَّتَيْنِ مَشْحونتَيْنِ يَفْصِلُ بينَهما عازِلٌ. تَتجمَّعُ شِحناتٌ مُتَضادَّةُ الإشاراتِ على كُلِّ صفيحةٍ عندما يُسَلَّطُ فَرْقُ جُهْدٍ، أو فُلْطيَّةٌ، عَبْرَ الصَّفيحتَيْن. وتَزْدادُ كمِّيَّةُ الشِّحْناتِ بازدِيادِ الفُلْطيَّة. وتُسَمّى قُدْرةُ المُكَثِّفِ السَّعَويِّ على تَخْزينِ الشِّحْناتِ مُواسَعتَه أو سَعَتَه. المُكَثِّفاتُ السَّعَويَّةُ تُساعِدُ في تَنْظيمِ التيّارِ في الدّاراتِ الكهربائيَّة.

البَطّاريّات

الخَليَّةُ الكهربائيَّةُ الأُولى كانتْ من صُنْعِ الفيزيائيِّ الإيطاليِّ أَلِسّاندرو فُولْتا (1745 – 1827) عامَ 1800. خَليَّةُ فُولْتا، التي تُسَمّى أيضًا عَمودَ فُولْتا، تألَّفَتْ من رَصيصَةٍ من صفائحِ النُّحاسِ والزِّنْك (الخارصين) المُتَعاقِبة، تَفْصِلُ بينَها صفائحُ كرتونيَّةٌ عازِلَة. والمَجْموعةُ بكامِلِها غُمِرَتْ في مَحْلولٍ حامضيّ، فبَدأَ المَحْلولُ التفاعُلَ الكيماويَّ الذي وَلَّدَ كَهْرباء.

التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ التي تُشَغِّلُ الخلايا الكهربائيَّةَ تَحْدُثُ في قِسْمَيْنِ أو في نِصْفَي تفاعُل – نِصْفٌ يُوَلِّدُ إلكترونات على الإلكترودِ السّالِب، أو الكاثود، والنِّصْفُ الآخَرُ يَسْتَهْلِكُ الإلكتروناتِ على الإلكترودِ المُوجِب، أو الأنود. المَحْلولُ المُسَمّى الإلكْتروليت (الكَهْرَل)، يُلامِسُ كِلا الإلكترودَيْن. وهو الذي يُوَفِّرُ المَوادَّ للتفاعُلَيْن. في خليَّةِ فُولْتا، الصفائحُ النُّحاسيَّةُ شَكَّلَت الأنودَ، وصفائحُ الزِّنْك شَكَّلَت الكاثودَ والمَحْلولُ الحَمْضيُّ كان الإلكتروليت.





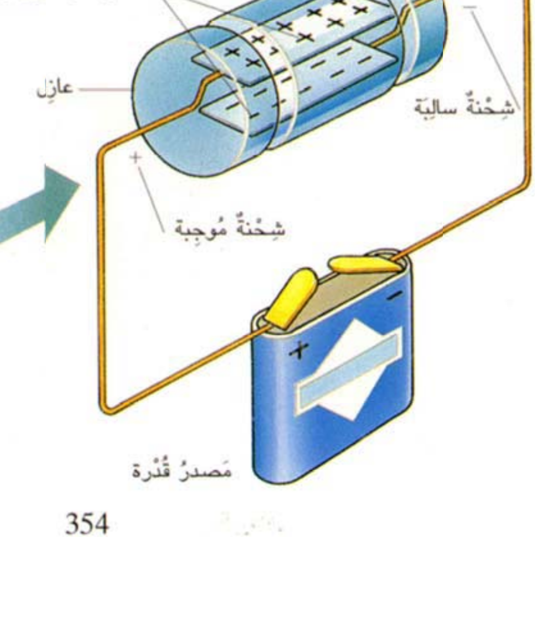
وِعاءُ لَيْدِن نَوعٌ من المُكَثِّفاتِ السَّعَويَّة. صَفائحُ رَقائقيَّةٌ فلزِّيَّةٌ تُغطّي نِصْفَ الوِعاء من الدّاخِلِ ونِصْفَه من الخارِج. الشِّحْنةُ الكَهْربائيَّةُ المُسَلَّطةُ عَبْرَ القَضيبِ النُّحاسيِّ تتجمَّعُ على الرَّقيقةِ الداخليَّة.

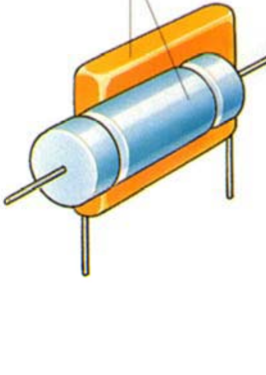


خليَّةُ اللَّيْمونةِ هذه تتألَّفُ من مِشْبَكِ وَرَقٍ فولاذيٍّ ودَبُّوسِ رَسْمٍ نُحاسيٍّ مَغْروزَيْنِ في اللَّيْمونة. عُصارَةُ اللَّيْمونةِ تبدأُ التفاعُلَ الكَهْرُكيماويّ.



▲ هذان الرَّمْزان يُمَثِّلان مُواسِعًا ثابِتًا ومُواسِعًا مُتَغيِّرًا في مُخَطَّطاتِ الدّاراتِ الكهربائيَّة.

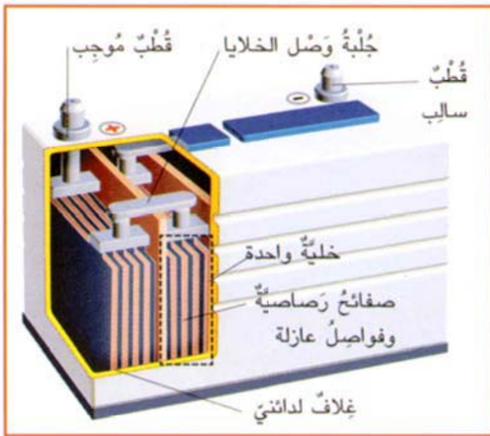




يتألَّفُ المُواسِعُ من صفيحتَيْنِ فلِزِّيَّتَيْنِ بينهما عازِلٌ كَهْربيّ. الشِّحْناتُ المُوجِبةُ تُخْتَزَنُ على إحدى الصفيحتَيْنِ والشِّحْناتُ السّالِبَةُ على الأُخرى. كمِّيَّةُ الشِّحْنةِ المُخْتَزَنةُ على فُلْطيَّةٍ مُعَيَّنةٍ تَعْتَمِدُ على مَقاسِ الصَّفيحتَيْنِ وعلى البُعْدِ بَيْنَهما.



البَطّاريَّةُ القابِلَةُ لإعادةِ الشَّحْنِ المُسْتَخْدمة في مُعْظَمِ السيّارات هي مَجْموعَةٌ من الخلايا المَغْمورُ فيها صفائحُ الرَّصاص في مَحْلول حامضِ الكِبْريتيك المُرَكَّز ضِمْنَ غِلافٍ لدائنيّ. هنالك غالبًا سِتُّ خلايا في البَطّاريَّة، تتألَّفُ كُلٌّ منها من مَجْموعةِ صفائحَ رَصاصيَّة مَوْصُولةٍ بطَرَف (قُطْب) البَطّاريَّة السّالِب ومَجْموعةٍ أخرى مَوْصُولةٍ بطَرَف (قُطْب) البَطّاريَّة المُوجِب. وتُشْحَنُ البَطّاريَّةُ بِدينمُو صَغيرٍ يُشَغِّلُه مُحَرِّكُ السيّارة كُلَّما يَدُور.



الخلايا الأوَّليَّة

أكثَرُ أنواعِ الخلايا الأوَّليَّة شُيوعًا هي بَطّاريَّةُ الزِّنْك (الخارصين) والكربون أو الخليَّةُ الجافَّة. وقد اخترعَها المُهَنْدِسُ الفرَنسيُّ جورج لَكْلانشيه (1839 – 1882)، في سِتّينيّاتِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر. هذا النَّوعُ من البَطّاريّاتِ هو «البَطّاريَّةُ» القِياسيَّةُ المُسْتَخْدمةُ في مُخْتلِفِ الأجْهِزة والأدوات الكهربائيَّة – كمصابيحِ الجَيْب والدُّمَى والرّاديوات.

الغِلافُ الفولاذيُّ في الخلايا الجافَّة يُغَطّي وِعاءً كأسيًّا من الزِّنْك هو القُطْبُ السّالِبُ، أو الكاثود (المَهْبِط)؛ وقضيبُ الكربون المُتلاقِقُ داخلِ وعاءِ الزِّنْك هو القُطْبُ المُوجِبُ، أو الأنود (المَصْعَد) المُتَّصِلُ بِنُتوءٍ فِلِزِّيٍّ قَصير في أعلاه. الفُسْحةُ بين قضيبِ الكربون والغِلافِ الزِّنْكيِّ تَحْوي مَعْجونًا من كلوريد الأمونيوم وكلوريد الزِّنْك (الخارصين).

البَطّاريّاتُ القِلْويَّةُ نُسَخٌ مُحَسَّنةٌ من خلايا الزِّنْك والكَرْبون. وتُصَنَّعُ بالأشكالِ والحُجوم والقُلْطيّاتِ نَفْسِها. لكنْ عندما تُسْتَخْدَمُ في الأجهزةِ نَفْسِها، فإنَّ الخليَّةَ القِلْويَّةَ تدومُ حوالَى سِتَّ أو سَبْعَ مرّات أكثَرَ من خليَّةِ الزِّنْك والكربون العاديَّة. وذلك لأنَّ تَوليفةَ الكيماويّاتِ في البَطّاريَّةِ القِلْويَّة تُوَلِّدُ مِقْدارًا كبيرًا من الطاقةِ قبْلَ أنْ تُسْتَهْلَكَ كيماويّاتُها كُلِّيًّا بالتفاعُلِ الكَهْرُكيماويّ.

الخلايا الثانويَّة

رُغْمَ أنَّ الخلايا الأوَّليَّةَ يُمكِنُ تَصْنيعُها لِتَدومَ مُدَّةً أطْوَلَ، باستِخْدامِ تَوليفاتٍ وتفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ أكثَرَ فعاليَّةً، فإنَّها تُسْتَخْدَمُ لِمَرَّةٍ واحدةٍ فقَطْ – ومُحاولةُ إعادةِ شَحْنِها قد تُسَبِّبُ تفَجُّرَها. أمّا الخليَّةُ الثانويَّةُ فيُمكِنُ إعادةُ شَحْنِها واستِخْدامُها ثانِيَةً عِدَّةَ مرّاتٍ قبْلَ استِنْفادِ فاعِليَّتِها. ويَتِمُّ شَحْنُ الخلايا الثانويَّة بإمرارِ تيّارٍ كهربائيٍّ ضَئيلٍ عَبْرَها فَتْرةً كافِيةً – تطولُ غالبًا عِدَّةَ ساعات.

البَطّاريّاتُ الرَّصاصيَّةُ الحَمْضيَّةُ المُسْتَخْدمةُ في مُعْظَمِ السيّارات تَحوي خلايا ثانويَّة. وتُسْتَخْدَمُ الطاقةُ المُخْتَزَنةُ في البَطّاريَّة لِتَزْويدِ المَنْظوماتِ الكهربائيَّةِ في المَرْكَبةِ بالقُدْرة. وأثناءَ دَورانِ مُحَرِّكِ المَرْكَبة، فإنَّه يُديرُ مُوَلِّدًا صَغيرًا يُداوِمُ شَحْنَ البَطّاريَّة.

خلايا النيكل والكادْميُوم هي نوعٌ آخَرُ من الخلايا الثانويَّة يُعادُ شَحْنُها عادةً بين 500 وَ 900 مرَّة قبْلَ استِبْدالِها. الخلايا القابِلَةُ لإعادةِ الشَّحْنِ تُسْتَخْدَمُ غالبًا لِتَزْويدِ الأجهزةِ الكهربائيَّةِ النَّقُولةِ بالقُدْرة – كالراديُوات والحاسِبات الشخصيَّة ومَصابيحِ الجَيْب ومَكِناتِ الحِلاقة الكَهْربائيَّة.

نَحْو بَطّاريّاتٍ مُحَسَّنة

لقد أنتجَتِ الأبحاثُ والاستِقْصاءاتُ العِلْميَّةُ أنواعًا جديدةً من الخلايا الأوَّليَّة التي تُوَلِّدُ قُدْرةً أكثَرَ وتَدوم فَتَراتٍ أطْوَلَ. ويُبْذَلُ حاليًّا كثيرٌ من الجُهْدِ والبَحْثِ لِتَطويرِ خلايا ثانويَّةٍ تَسْتطيعُ اختِزانَ ما يكفي من الطاقة لِتَزْويدِ السيّاراتِ الكهربائيَّةِ بالقُدْرةِ لِمَسافاتٍ طويلة. ويُفْتَرَضُ أيضًا إمكانيَّةُ شَحْنِ هذه البَطّاريّات بِسُرعةٍ في مَحَطّاتٍ خاصَّةٍ على جوانب الطُّرُق.



بَطّاريّاتُ هذه السيّارة الكهربائيَّة الفرنسيَّة من طِراز سِتْروان (AX)، يُمكِنُ شَحْنُها في المَنْزِل أثناءَ الليل، ثُمَّ يُكْمَلُ شَحْنُها حسَبَ الحاجةِ خِلالَ النَّهار في مَحَطّاتِ شَحْنٍ سَريعةِ الخِدْمة، كهذه المَحطَّةِ في لاروشيل، بفرَنْسا. وتَخْتَزِنُ أمثالُ هذه البَطّاريّاتِ في كُلِّ مرَّةٍ ما يكفي من الكهرباء لِسِياقةِ حوالى 75 كم.



خليَّةُ الزِّنْك والكربون العياريَّة الجافَّة هذه تَحوي قضيبَ كَربونٍ مُحاطًا بِمَعْجونٍ من كلوريدَي الأمونيوم والزِّنْك. هذا المَعْجونُ يُحْدِثُ تَفاعُلًا بين الكَربون والزِّنْك مُوَلِّدًا فَرْقًا في الجُهْد بينَهُما هو فُلْطيَّةُ الخليَّة.



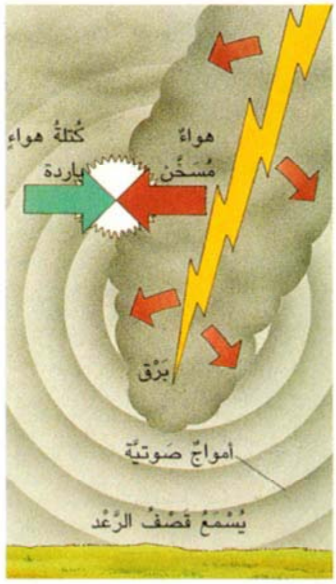
هذه الخليَّةُ القُرْصيَّةُ الشَّكْل هي خَليَّةُ الزِّنْك وأكسيد الزِّئبق. وهي تُسْتَخْدَمُ في تَزْويدِ مُعيناتِ السَّمْعِ والسّاعاتِ بالقُدْرة، وأيضًا كمَصْدرِ قُدْرةٍ للكاميراتِ الرَّقْميَّةِ والناظِماتِ الشخصيَّةِ الإلكترونيَّة النَّقُولة كناظِماتِ النَّبْض.

أُنْظُر أيضًا

التَّفاعلاتُ الكيماويَّة ص 162 – 163
الدّاراتُ الكهربائيَّة ص 340 – 341
الكيمياءُ الكَهْرَبيَّة ص 356

الكَهْرباءُ عَبْرَ الغَازات

عندما يَمُرُّ تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ غازٍ، فإنَّه يَجْعَلُ الغازَ يَتوهَّجُ ويُوَلِّدُ حرارةً. هاتانِ الظاهِرتانِ تُشاهَدان في البَرْق وفي الإنارةِ الاصطِناعيَّة.



البَرْقُ شَرارةٌ عِملاقةٌ تَقْفِزُ بين شِحْناتٍ مُتَضادَّةٍ داخِلَ سَحابتَيْن أو بينَ سَحابةٍ وسَطْحِ الأرض.

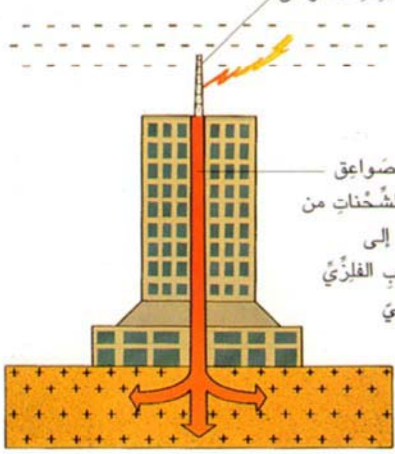
الغازاتُ، كالهواءِ مثلًا لا تُوَصِّلُ الكهرباءَ عادةً. ذلك لأنَّها تتألَّفُ من ذرَّاتٍ وجُزَيئاتٍ مُتعادِلة (غيْر مَشْحونة)، ولا تَحوي ما يَنْقُلُ التيَّارَ الكهربائيّ. لكِنَّ ذلكَ قد يَتغَيَّرُ عِندما يُسَخَّنُ الغازُ أو يُعَرَّضُ لِمَجالٍ كهربائيٍّ قَويّ. ففي هاتَيْن الحالتَيْن، يُمكِنُ أنْ تُمْتلَخَ الإلكتروناتُ من الذرَّاتِ والجُزيئاتِ المُتعادِلةِ مُكوِّنةً البْلازما – وهي مَزيجٌ من الجُسَيْماتِ المُتعادِلَةِ والإلكتروناتِ والأيوناتِ المُوجبة. وبِإمكانِ الجُسَيْماتِ المَشْحونةِ في البْلازْما تَوصيلُ الكَهْرباء.

البَرْق

البَرْقُ تَفْريغٌ ضَخْمٌ من الكهربائيَّةِ السَّاكِنة بينَ سَحابَةٍ وأُخرى أو بين سَحابَةٍ والأرض. وهو يَحْدُثُ عندما تُخَلِّقُ التيَّاراتُ الهوائيَّةُ داخِلَ السُّحبِ العاصِفةِ الرَّعَّادةِ، جُيُوبًا من الشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة. كذلك فإنَّ الشِّحْناتِ السَّالِبَةَ في قاعدةِ السَّحابة بِتَنافُرِها مع الإلكتروناتِ في سَطْحِ الأرضِ تحتَها، تُحْدِثُ باحَةً من الشِّحْناتِ المُوجبَة. وقد يَبْلُغُ فَرْقُ الجُهْدِ بينَ هاتَيْن المِنْطقتَيْن المُتَضادَّتَي الشِّحْنات مئاتِ الملايين من الفُلْطات. وأخيرًا تَبْلُغ الفُلْطيَّةُ من الشِّدَّةِ ما يُؤَيِّنُ دارةَ نقلٍ كهربائيٍّ من الهواء؛ فيَبْدأُ تيَّارٌ بالسَّريانِ بين المِنْطقتَيْن المُتَضادَّتَي الشِّحْنات. هذا التيَّارُ يُسَخِّنُ الهواءَ ويُحْدِثُ مَسارًا من البْلازْما تَتَدفَّقُ عَبْرَه عِدَّةُ تَمَوُّراتٍ تَفريغيَّةٍ كهربائيَّة



عامَ 1752، عَرَّض العالِمُ ورَجُلُ الدَّولة الأمريكيّ، بِنْجامين فرانكلين (1706 – 1790) حياتَه للخَطَر عندما طَيَّرَ طائرةً وَرَقيَّةً مَرْبوطةً بِسِلْكٍ فلزِّيٍّ خِلالَ عاصِفةٍ رَعْديَّة، لِيُبرهِنَ أنَّ البَرْقَ هو تَفْريغٌ كَهْربائيّ.



▲ بنجامين فرانكلين اخترعَ مانعةَ الصَّواعق لوِقايةِ المُنْشآتِ والمباني العاليةِ من الأضرار. وذلك باجتِذابِها التفريغَ البَرْقيَّ ونقلِه بأمانٍ إلى قضيبٍ فلِزِّيٍّ مَطْمورٍ تحتَ سَطْحِ الأرض.



◄ يتَّخِذُ البَرْقُ أشكالًا مُتعدِّدةً. ففي البَرْق الصَّفْحيّ، تَقْفِزُ الشِّحْناتُ بينَ جُزَاينٍ من السَّحابةِ نفْسِها. أمَّا البَرْقُ المُتَشَعِّبُ فيُشاهَدُ حيثُ تَتَقَفَّزُ الشِّحْناتُ من السَّحابةِ إلى الأرض – كما هو مُبَيَّنٌ في مَشْهد هذا الجوِّ العاصِف المُتوالي البُروق.



هذا المَشْغَلُ يُبَيِّنُ مَدى التصاميم والأشكالِ الزُّخْرفيَّة التي يُمكِنُ أنْ تَتَّخِذَها أنابيبُ التَّفْريغ. ومع أنَّها تُسَمَّى عادةً أنابيبَ نِيون، فإنَّ هذه الأنابيب قد تَحوي الأرچون أو الكريپتون أو النيون أو الزِّنون.



نارُ القدِّيس إلْمو هي توَهُّجٌ يُشاهَدُ حوْلَ قِمَّةِ المَباني العالية ومَراوِحِ نَشْرِ الطائرات وصَواري السُّفُنِ خِلالَ العَواصِف. وهي تَحْدُثُ عندما تَغْدو أطرافُ الأجْسامِ المُسْتَدِقَّةُ عاليةَ الشَّحْن فتَبْدأُ بسَحْبِ الإلكتروناتِ من جُزَيئاتِ الهواء. وقد أطلَقَ البَحّارةُ القُدامى هذا الإسْمَ على تلك الظاهِرة اعتِقادًا منهُم أنَّ التوَهُّجَ حوْلَ صَواري السُّفُن هو إشارةٌ إلى أنَّ راعيهم، القِدّيس إلْمو، يتولّى العِنايَةَ بهِم.

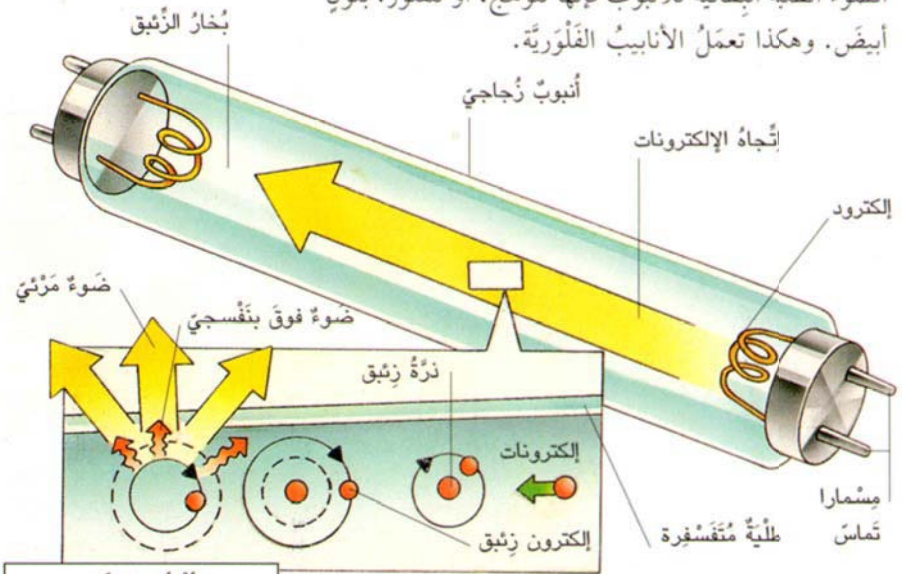
تُسَخِّنُ الهواءَ إلى دَرجةٍ تَفوقُ 000 33°س. هذا التَّسْخينُ السَّريعُ للهواء يُحْدِثُ وَميضَ البَرْق وقَصْفَ الرَّعْد. ولما كانتْ سُرعةُ الصَّوتِ أقَلَّ بكَثيرٍ من سُرعةِ الضَّوء، فإنَّ المُراقِبَ البَعيدَ يَسْمَعُ قَصْفَ الرَّعْد بعدَ مُشاهَدتِه وَميضَ البَرْق.

البَرْقُ قد يَقْتُل مَنْ يُصيبُهُم من الناسِ، وقد يُحْدِثُ أضرارًا في المَباني والمُنْشآت. لذا يَجْري تَرْكيبُ مانِعاتِ الصَّواعق على سُطوحِ المُنْشآتِ العالية. القُضبانُ والكُبولُ الفِلِزِّيَّةُ في مانِعة الصَّواعق تَصِلُ نُقْطةً في أعلى المَبْنى بقَضيبٍ فِلِزِّيٍّ مَطْمورٍ تحتَ سَطْحِ الأرض وتَنْقُلُ التَّفْريغَ الكهربائيَّ البَرْقيَّ إليه.



أنابيبُ التَّفْريغ

يُمكِنُ إحداثُ نَمَطٍ من البَرْق يُمكِنُ التحكُّمُ به في أنابيبِ التَّفْريغِ المُسْتَخْدَمَةِ للإنارةِ ولِلْعُروض. هذه الأنابيبُ تَحوي أحدَ الغازاتِ النَّبيلة (الخامِلَة) – النيُون أو الأرچون أو الكريپتون أو الزِّنون – أو بُخارَ الزئبق على ضَغْطٍ خَفيض في أنبوبٍ مُحكَمِ السَّدِّ. فعِندَ وَصْلِ التيّارِ الكهربائيِّ تُعَزَّزُ الإلكتروناتُ في الغازِ وتُسْتَثارُ إلى حالةِ طاقَةٍ عاليَةٍ. فتَتَوَهَّجُ الغازاتُ النَّبيلةُ عندَ حُدوثِ ذلك، كما يَحْدُثُ في مَصابيح «النيون» للعُروضِ الإعلانيَّة. أمّا أنابيبُ بُخار الزئبق فتَتَوَهَّجُ بضَوءٍ فوقَ بَنَفسجيٍّ غيرِ مَرئيّ. وعندما يَصْدِمُ هذا الضَّوءُ الطِّلْيَةَ البِطانيَّةَ للأُنبوب فإنَّها تَتَوَهَّجُ، أو تَتفَلْوَر، بلَوْنٍ أبيَض. وهكذا تعمَلُ الأنابيبُ الفَلْوَريَّة.



عندما يَسْري تيّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ أُنبوبٍ فَلْوَريّ، تُعَزَّزُ إلكتروناتُ الزِّئبق وتُرْفَعُ إلى الحالةِ المُثارة. وعندَ عَوْدَتِها إلى حالتِها الطبيعيَّة تَبْتَعِثُ هذه الإلكتروناتُ ضَوءًا فوقَ بنَفْسجيّ. والضَّوءُ فوقَ البنَفْسجيّ يَجْعَلُ الطِّلْيَةَ البِطانيَّةَ للأنبوب تَتوَهَّجُ بنُورٍ أبيض.

أُنْظُر أيضًا

الرِّياحُ والعَواصِفُ والفَيَضانات ص 44 – 45
إنتِقالُ الحرارة ص 250 – 251
الكَهْرباء ص 338 – 339

المُوَصِّلات

المُوَصِّلاتُ الكهربائيَّةُ تَسْمَح بانتِقالِ التيَّارِ الكَهربائيِّ عَبْرَها؛ والعَوازِلُ عادةً لا تَسْمَح بذلك. أمَّا أشباهُ المُوَصِّلاتِ فيُمكِنُ أن تَعْملَ كمُوَصِّلاتٍ أو كعَوازِل.



الفيزيائيُّ الألمانيُّ غوسْتاف كيرتْشُوف (1824 – 1887) وضَعَ قانونَيْن لاحتِساب كمِّيَّةِ التيَّارِ السَّاري عَبْرَ مُوَصِّل. وخِلالَ عَمَلِه مع الكيميائيِّ الألمانيِّ روبَرْت بَنْزن (1811 – 1899) اكتشفا العُنْصرَيْن الكيماويَّيْن السيزيُوم والروبيديُوم.

الفِلِزَّاتُ مُوَصِّلاتٌ كَهربائيَّةٌ جَيِّدةٌ لأنَّها تَحْوي وَفْرةً من الإلكتروناتِ الطليقة التي تَسْتطيعُ الانتِقالَ من ذَرَّةٍ إلى أخرى حامِلَةً التيَّار. لكِنَّ مَسيرةَ الإلكتروناتِ لَيْسَتْ سَلِسَةً تمامًا بِفِعْل التَّداخُلِ المُعيق لانسيابِ التيَّار على طُولِ المَسار. ظاهِرةُ الإعاقة هذه تُسَمَّى المُقاوَمَة. وهي أيضًا تُوَلِّدُ حَماوةً في المادَّةِ التي يَسْري فيها التيَّارُ الكَهربائيّ. المُوَصِّلاتُ الجَيِّدةُ، كالفِضَّةِ والنُّحاس، خَفيضةُ المُقاوَمَة.

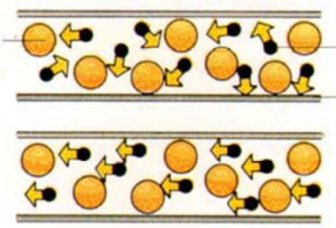
العَوازِلُ، كاللَّدائن واللَّافلِزَّات، مَوادُّ تَفْتَقِرُ إلكتروناتُها عادةً إلى حُرِّيَّةِ الحَرَكة بين الذرَّاتِ أو الجُزَيْئات؛ لذا تكونُ مُقاوَمةُ العازِلِ في مُعْظمِ الظُّروف عاليَةً. لكنْ إذا استُخْدِمَتْ قُلْطيَّةٌ عاليَةٌ بما فيه الكِفاية، فإنَّ بعضَ الإلكتروناتِ يُمكِنُ أنْ تُنْتَزَعَ من ذرَّاتِها أو جُزَيْئاتِها. وعندَ حُدوثِ هذا الانهيار تَكْتسِبُ الإلكتروناتُ حُرِّيَّةَ حَرَكةٍ وتَهْبِطُ مُقاوَمةُ المادَّة. ومع حُدوثِ هذا الانهيار يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ العازِلِ وتَتَوَلَّدُ كمِّيَّةٌ كبيرةٌ من الحرارة. وتُسْتَخْدَمُ هذه الحرارةُ المُوَلَّدةُ بالتيَّارِ المارِّ عَبْرَ العازِل أو بالقَوْس الكَهربائيِّ عَبْرَ الهواء، في صَهْرِ الفلِزَّات في اللِّحامِ القَوسيّ.

المُوَصِّلاتُ الفائقة

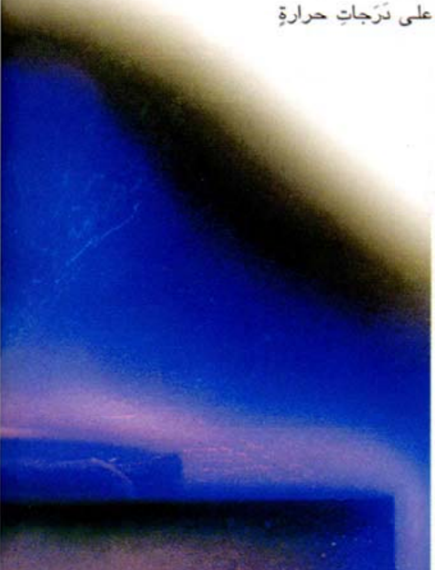
حتَّى المُوَصِّلاتُ الجَيِّدةُ، كالفلِزَّات، تُبْدي بعضَ المُقاوَمَةِ الكهربائيَّة في الظُّروفِ العاديَّة. لكنْ هناك موادُّ تُسَمَّى المُوَصِّلاتِ الفائقةَ؛ وهذه لا تُبْدي أيَّ مُقاوَمةٍ تقريبًا. ويُسْتَفادُ منها في تَوفيرِ قَدْرٍ كبيرٍ من الطاقة عندَ الحاجَةِ إلى تيَّارٍ قَوِيٍّ، كما هي الحالُ في مِغْنَطيسٍ كَهْربيٍّ قويّ.

بعضُ الفلِزَّاتِ، كالألومنيُوم والرَّصاص، يُمكِنُ أن تَسْلُكَ كمُوَصِّلاتٍ فائقةٍ إذا ما بُرِّدَتْ إلى دَرَجاتِ حرارةٍ فائقةِ الانخِفاض – بحُدودِ بِضعةِ دَرَجات فوق الصِّفْر المُطْلَق (– 273°س). ويُسْتَخْدَمُ الهِلْيومُ السائلُ الباهِظُ التَّكْلفة والعَسيرُ التَّناوُل في هذا التبريد.

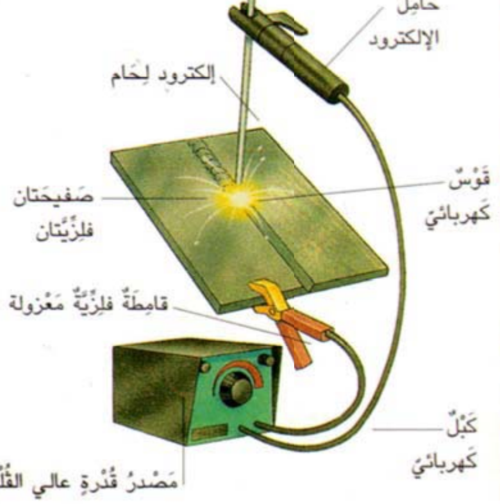
بَعْضُ المُوَصِّلاتِ الفائقةِ تَعْمَلُ عندما تُبَرَّدُ إلى دَرَجة – 196°س باستِخْدامِ النِّتْروجين السَّائل – الأرْخصِ والأيْسَرِ استِخْدامًا من الهِلْيوم السَّائل. وقد توَصَّلَ العلماءُ إلى تَصْنيعِ



يَنْتَقِلُ التيَّارُ عَبْرَ المَوادِّ التي تُوَصِّلُ الكهرباء. عِندما يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ سِلْكٍ نُحاسيٍّ، مثلًا، تتحَرَّكُ الإلكتروناتُ كُلُّها في الاتِّجاهِ نَفْسِه.



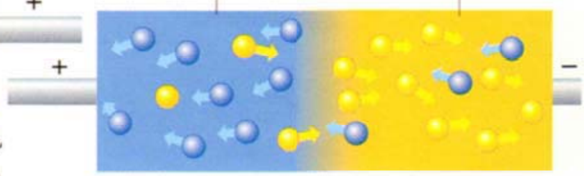
◄ مِغْنَطيسٌ يَحُومُ فوقَ مُوَصِّلٍ خَزَفيٍّ فائقٍ مَصْنوعٍ من أكاسيدِ الإيتْريُوم والباريُوم والنُّحاس. وهذه المادَّةُ تُوَصِّلُ تَوصيلًا فائقًا فقط على دَرَجاتِ حرارةٍ خَفيضةٍ جدًّا.

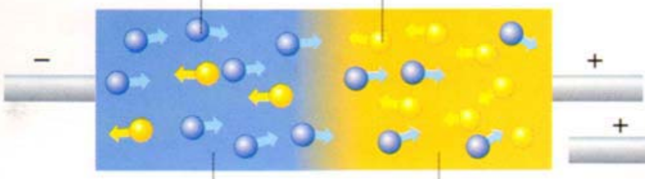


▲ في اللِّحامِ القَوْسيِّ، يَسْري تيَّارٌ كهربائيٌّ بين إلكترودِ اللِّحامِ والأجْسامِ الفلِزِّيَّةِ المُرادِ لِحامُها. الحرارةُ من القَوْسِ الكَهربائيِّ تَصْهَرُ الفلِزَّ حولَ الوُصْلَة. وحينما يَبْرُدُ الفلِزَّان ويَتَصَلَّدان تَتَكَوَّنُ بينَهُما وُصْلةُ لِحامٍ مَتينة.



يُوَلِّدُ القَوسُ الكهربائيُّ حرارةً بالِغَةَ الشِّدَّةِ في الفَجوةِ بين إلكترود اللِّحام والجِسمَيْن الفلِزِّيَّيْن المُرادِ لحامُهما. ويُمكِنُ استِخْدامُ هذه الحرارة في لِحامِ القِطَعِ الفلِزِّيَّةِ معًا.





► تَنْتَقِلُ الإلكتروناتُ بِسُهولةٍ من السِّليكون السالِبيِّ النَّمط إلى السِّليكون المُوجِبيِّ النَّمط. وتَسْري ولكِنْ بِيُسْرٍ أقلَّ في الاتِّجاهِ المُعاكِس. ففي الرَّسم إلى اليَسار، يَسْري التيّارُ في الاتِّجاه المُفَضَّل. وفي الرَّسْم إلى اليَمين، تُعْكَسُ القُطْبيَّةُ فلا يَسْري من التيّار إلّا قدرٌ ضئيل.

مَوادَّ تُوَصِّلُ تَوصيلًا فائقًا عندَ تَبْريدِها إلى دَرجة − 78,5°س باستِخْدامِ الجليدِ الجافّ (ثاني أُكسيد الكربون الجَليديّ). ويُتوقَّعُ الحصولُ مُستقْبلًا على مُوَصِّلاتٍ فائقةٍ تعمَلُ جَيِّدًا على دَرَجةٍ تُقارِبُ دَرجةَ حرارةِ الغُرْفة.

أَشْباهُ المُوَصِّلات

أَشْباهُ المُوَصِّلاتِ ذاتُ مُقاوماتٍ أعلى بكثيرٍ من مُقاوَمةِ المُوَصِّلات العادِيَّة، لكِنْ أخفَضَ بكثيرٍ من مُقاوَمةِ العَوازِل.

السِّليكون، كأَشْباهِ المُوَصِّلاتِ الأُخرى، أفْضَلُ تَوصيلًا، عندما يَحوي مَقاديرَ ضئيلةً من الشَّوائب، مِمّا لو يكونُ نقيًّا؛ وإضافةُ الشَّوائبِ تُسَمَّى التَّأشيب. فإذا أُشِّبَ السِّليكون بالفُسْفور، الذي تَحوي الذَّرَّةُ منه إلكترونًا واحِدًا أكثرَ من ذَرَّةِ السِّليكون، فإنَّ الإلكتروناتِ الإضافيَّةَ يُمكِنُها نَقْلُ شِحْناتٍ سَالِبةٍ عَبْرَ السِّليكون − المُسَمَّى حينئذٍ سِليكونًا سالِبيَّ النَّمط (أي من النَّمط س).

ذَرَّةُ البرون تَحوي إلكترونًا واحدًا أقَلَّ من ذَرَّة السِّليكون، لذا فإنَّ السِّليكون المُؤشَّبَ بالبُورون تَنْقُصُهُ بِضْعُ إلكترونات. فَجَواتُ هذه الإلكترونات، المُسَمَّاةُ شُغْرات، تَنْقُلُ شِحْناتٍ مُوجِبَةً؛ وهكذا فإنَّ هذا السِّليكون هو سِليكون مُوجِبيُّ النَّمط (من النَّمط م).

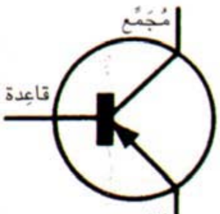
الترانزِسْتُوراتُ السِّليكونيَّةُ تعمَلُ كَمَقاليدَ (مَفاتيحَ كَهربائيَّة) لأنَّ الإلكتروناتِ من السِّليكون المُوجِبيِّ النَّمط لَنْ تَسْري إلى السِّليكون السَّالِبيِّ النَّمط.

الترانزِسْتُور من النَّمط س − م − س يَحوي طَبَقةً من السِّليكون من النَّمط م بين طبَقَتَيْن من النَّمط س. والإلكتروناتُ لَنْ تَسْري بين الطبَقَتَيْن الخارجيَّتَيْن − المُبْتَعِث والمُجَمِّع − لأنَّ عليها حينئذٍ أن تعبُرَ من السِّليكون المُوجِبيِّ النَّمط (النَّمط م) إلى السِّليكون السالِبيِّ النَّمط (النَّمط س).

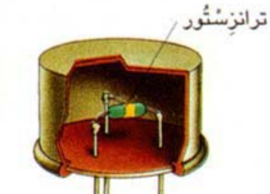
لكِنْ إذا غُذِّيَت الطبَقَةُ الوُسْطى، أو القاعِدَةُ بالإلكتروناتِ فإنَّها تَمْلأُ الشُّغْراتِ في تلكَ الطبقةِ مِمّا يُسْمَحُ للتيّارِ بالسَّرَيانِ من المُبْتَعِثِ إلى المُجَمِّع.



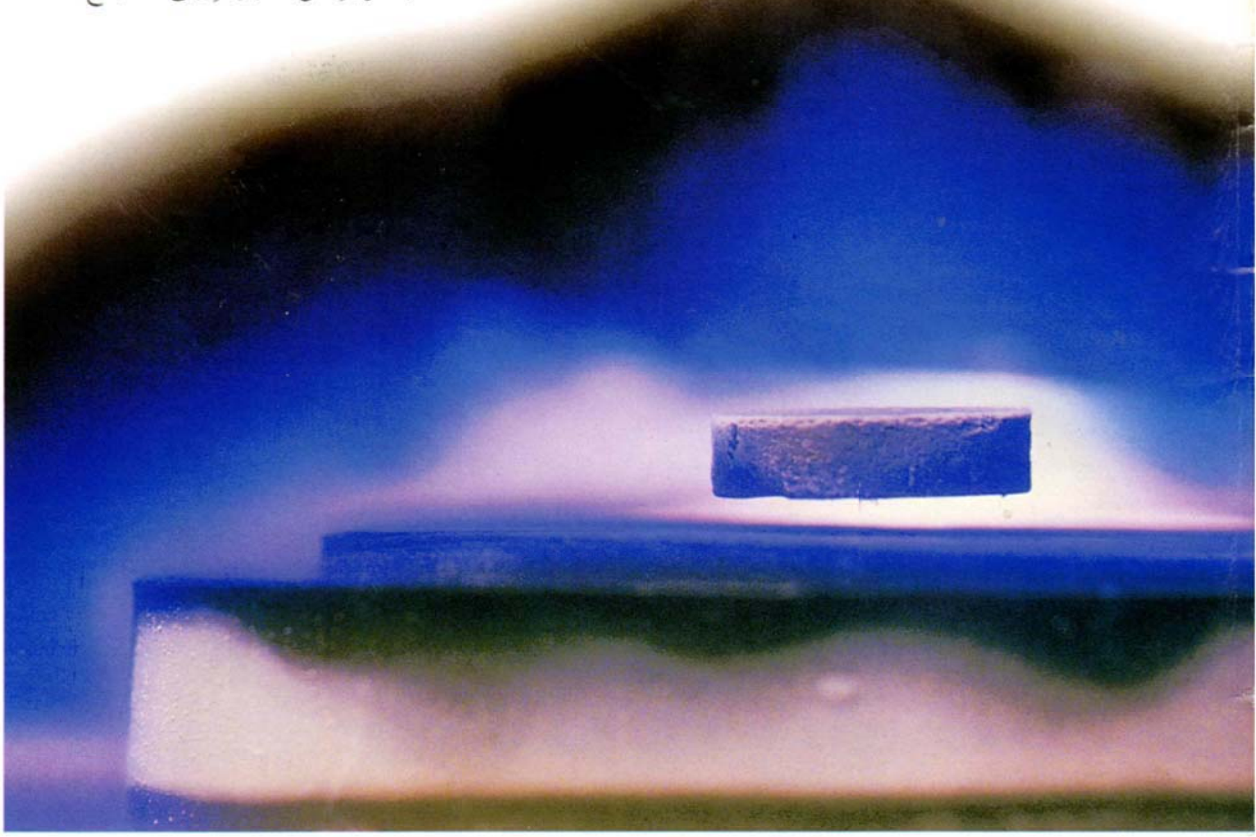
الفيزيائيُّ الأمريكيُّ وِلْيَم شُوكْلي (1910 − 1989)، الحائز على جائزةِ نُوبل، كان عُضوًا مُتَميِّزًا في الفَريقِ العِلميِّ الذي طَوَّرَ أوَّلَ ترانْزِسْتُور عامَ 1948.



هذا هو الرَّمْزُ الكهربائيُّ للترانزِسْتورات في الدّارات الكَهربائيَّة − وفيه تبدو طَبَقاتُ الترانْزِستور المُقَوِّمةُ الثلاثُ: المُبْتَعِث والقاعِدة والمُجَمِّع.



إمرارُ تيّارٍ كَهربائيٍّ ضئيلٍ في قاعدةِ ترانزِسْتُور من النَّمط س − م − س يَسْمَحُ بِسَرَيانِ تيّارٍ أكبَرَ بينَ المُبْتَعِث والمُجَمِّع.



أُنْظُر أيضًا

خَصائصُ الفلِزّات ص 196 − 197
الخَزَفيّات ص 209
المَوادُّ الجَديدة ص 217
الكَهْرُمِغْنَطيسيَّة ص 344 − 345

العَوازِل

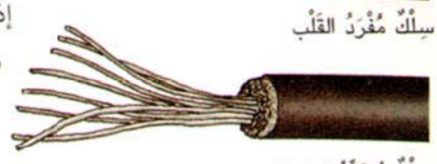
العَوازِلُ الكَهربائيَّةُ لا تُوَصِّلُ الكَهْرباء. وهي تُؤدِّي مُهمّاتٍ قَيِّمةً كثيرةً في الدّاراتِ الكَهربائيَّة، بالإضافةِ إلى ضَمانِ انتِقالٍ مأمونٍ للكَهْرباء.



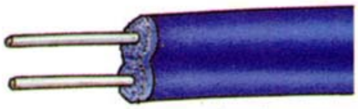
عامِلٌ في مَحَطَّةِ تَوليدِ قُدْرةٍ كَهْرَمائيَّةٍ يَقومُ بصِيانَةٍ روتينيَّةٍ لِعازِلٍ قُلْطيَّةٍ عاليَةٍ مَصْنوعٍ من مادَّةٍ خَزَفيَّة.



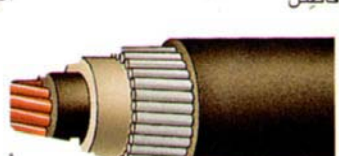
سِلْكٌ مُفْرَدُ القَلْب



سِلْكٌ مُتَعَدِّدُ الجَدائل المَعْزولة



زَوجٌ من الأَسْلاك ضِمْنَ عَزْلٍ فاصِل



كَبْلٌ كَهربائيٌّ ثُلاثيُّ الطبَقاتِ العازِلة

▲ بتَغْليف المُوَصِّل الجَيِّد، كَسِلْك نُحاسيٍّ بعازِلٍ مَطّاطيٍّ أو لَدائنيّ، يُمكِنُ سَرَيانُ الكَهْرباء على امتِدادِ السِّلْك دونَ التَّسَبُّبِ بِضَرر.

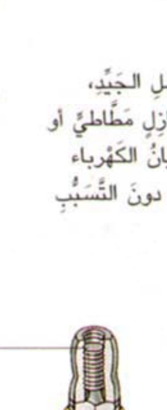
العازِلُ الجَيِّدُ مُوَصِّلٌ رَديءٌ جِدًّا. فهو لا يَحوي إلكْتروناتٍ نَقُولةً، ولا حَتّى ما يَكفي من الإلكترونات لِنَقْلِ تيّارٍ كَهربائيٍّ إذا ما سُلِّطَتْ فُلْطيَّةٌ عَبْرَ قِطْعةٍ من المادَّة المَصْنوع منها. وهذا يَعْني أنَّ العوازِلَ تَعْمَلُ كحَواجِزَ صادَّةٍ لِسَرَيانِ الكَهْرباء.

المَطّاط هو أحدُ العوازِلِ الطبيعيَّة الأكثَرِ فعاليَّةً. والزُّجاجُ واللَّدائنُ أيضًا عوازِلُ جَيِّدةٌ كما الخَزَفُ الصِّينيُّ والكثيرُ من الخَزَفيّاتِ الأُخرى. الهواءُ والغازاتُ الأُخرى عَوازِلُ جَيِّدةٌ، وكذلك الفراغ. والكثيرُ من السَّوائل أيضًا، باستِثناءِ الماء، عوازِلُ عاليَةُ الكِفايَة.

في قِطْعةٍ عاديَّةٍ من كَبْلٍ كَهربائيٍّ مَرُون، تُعْزَلُ الأَسْلاكُ ناقِلَةُ التيّارِ في تَغليفٍ لدائنيٍّ لِمَنْعِها من إحداثِ دارَةِ قِصَرٍ وتَسْبيبِ حَريق. وتُلَفُّ طبَقةُ عَزْلٍ أُخرى حَوْلَ تِلكَ الأَسْلاك لإضفاءِ وِقايةٍ إضافيَّةٍ ضِدَّ الصَّدَماتِ الكهربائيَّةِ المؤذِيَةِ المُحْتَمَلَة.

الأَسْلاكُ المُسْتَخْدَمةُ لِتكوينِ مِلَفّاتِ الوَشائع والمُحَوِّلاتِ الكَهْربائيَّة تُغَشّى بِطَبَقةٍ رَقيقةٍ من الوَرْنيش العازِل بحَيْثُ يُمكِنُ لَفُّها معًا في طَبَقات دونَ إحداثِ دَاراتِ قِصَر.

كذلك تُسْتَخْدَمُ عَوازِلُ زُجاجيَّةٌ وخَزَفيَّةٌ مِصْمادةٌ (قَويَّةُ الاحتِمال) لِعَزْلِ خُطوطِ نَقْلِ القُدْرةِ العاليَةِ القُلْطيَّةِ عن البِنَى التي تُثَبِّتُها في مَواقِعها.



◄ المَوادُّ الخَزَفيَّةُ عوازِلُ كهربائيَّةٌ مُمْتازةٌ شائعةُ الإستِخدام في أماكِنَ عَديدة. هنا، عازِلٌ خَزَفيٌّ يَمْنَعُ الشُّحْناتِ العاليَةَ القُلْطيَّةِ من إحداثِ دارَةِ قِصَرٍ داخِلَ شَمْعةِ إشْعالٍ بالشَّرَر.



◄ المُحَوِّلاتُ في هذه المَحَطَّةِ الكَهْربائيَّةِ الفَرْعيَّةِ مَحْميَّةٌ بعَوازِلَ خَزَفيَّةٍ مِصْمادةٍ لِمَنْعِ الكُبولِ العاليَةِ القُلْطيَّةِ من التَّماسّ، وكذلك لِمَنْعِ الكَهْرباءِ من السُّروبِ إلى الأرض.

اُنْظُر أيضًا

الزُّجاج ص 208
الخَزَفيّات ص 209
البوليمَرات (المَكْثورات) ص 215
تَوزيعُ القُدْرة الكَهْربائيَّة ص 352 – 353

المُقاوَمَة

المُقاوَمةُ هي قُدْرةُ المادَّةِ على مُضادَّةِ سَرَيانِ تيَّارٍ كَهْربائيّ. تُؤلِّفُ المُقاوِماتُ أجزاءً من الدَّاراتِ الكهربائيَّة، وتَسْتَهْلِكُ قَدْرًا مُعيَّنًا من الطاقةِ الكَهربائيَّة تُحوِّلُه إلى حرارة.



الفيزيائيُّ الألمانيُّ جورج أوم (1789 – 1854) وضَعَ القانُونَ المُسمَّى باسمِه (قانون أوم) واكتشَفَ كيف إنَّ مُقاوَمةَ مادَّةٍ تَعتَمِدُ على طُولِها وثَخانَتِها وطبيعةِ المادَّةِ المُصنَّعةِ منها. وقَد نُشِرَ قانونُ أوم عامَ 1827.

المُقاوَمةُ مِقياسٌ لمِقدارِ حَدِّ الدَّارةِ، أو أَحدِ مُقوِّماتِها، من اندفاقِ الإلكترونات. الذرَّاتُ تَصْطدِمُ بالإلكترونات، فتُبطِّئُها وتُسبِّبُ تحَوُّلَ بعضِ الطاقةِ الكهربائيَّةِ إلى طاقةٍ حراريَّةٍ، وأحيانًا إلى ضَوء.

طُولُ المُوَصِّلِ وثَخانَتُه يُؤثِّرانِ في مُقاوَمتِه الكَهربائيَّة. فبازدِيادِ ثَخانَةِ السِّلْك، تَزْدادُ سُهولةُ سَرَيانِ التيَّار فيه. ذلك لأنَّ المَقْطعَ المُسْتَعْرِضَ الأوسَعَ يَحوي إلكتروناتٍ طليقةً أكثَرَ لِنَقْلِ التيَّار.

وبازدِيادِ طُولِ السِّلْك تَزْدادُ مُقاوَمتُه. وذلك لِتواجُدِ ذَرَّاتٍ مُعيقَةٍ أكثَر في مَسارِ الإلكتروناتِ الطليقة. لذا، يُحاوِلُ مُصَمِّمُو الدَّاراتِ استِخْدامَ أقلِّ ما يُمكِنُ من الأَسْلاك لِخفْضِ مَفْقوداتِ الطاقة بالمُقاوَمة.

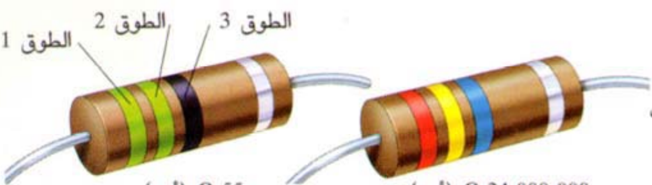
المُقاوِماتُ مُقوِّماتٌ مُصمَّمَةٌ لِتَخفيضِ شِدَّةِ التيَّارِ الكهربائيِّ الذي يَسْري عَبْرَ جُزْءٍ مُعيَّنٍ من الدَّارة. وهي تُسْتَخْدَمُ غالبًا لحِمايةِ المُقوِّماتِ الرَّهيفَة من نَقْلِ تيَّارٍ أشَدَّ مِمَّا يَنْبَغي.

الثِّرْمِسْتُوراتُ مُقاوِماتٌ تَعْتَمِدُ مُقاوَمتُها على دَرجةِ الحرارة؛ وتُسْتَخْدَمُ غالبًا في الدَّاراتِ التي تَقيسُ دَرجاتِ الحرارة. كما إنَّ المُقاوِماتِ الضوئيَّةَ الاعتِمادِ تُسْتَخْدَمُ في قِياسِ شِدَّةِ الضَّوء.

المُقاوِماتُ المُتغيِّرةُ يَدَويًّا (الرِّيُوسْتاتات) يُمكِنُ ضَبْطُها بِبَرْمِ كُعْبُرَةٍ أو بِتَحْريكِ مُنْزَلِقٍ. وهي تُسْتَخْدَمُ في مَضابِطِ الجَهارةِ والنَّغَمِ في مُعدَّاتِ تَجْسيمِ الصَّوت (الستيريُوفُونيَّة).



قِيمةُ المُقاوِمِ الثابِتِ تُرَمَّزُ بثلاثةِ أطواقٍ مُلَوَّنةٍ، والطَّوقُ الرابعُ يُبَيِّنُ إمكانيَّةَ تَغيُّرِ المُقاوَمةِ بين المُقاوِماتِ الفَرْديَّةِ من النَّمطِ المُعيَّن.

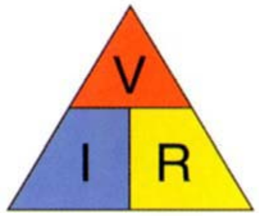


تَبْلُغُ مُقاوَمةُ المُقاوِمِ إلى اليَسار 55 أومًا، والمُقاوِمِ إلى اليَمين 24 مِليون أوم. الطَّوقانِ الفِضِّيَّانِ يُبَيِّنانِ أنَّ هذه القِيَمَ صَحيحةٌ ضِمْنَ حُدود 10 بالمئة.

قِياسُ المُقاوَمَة

وَحْدةُ المُقاوَمةِ القِياسيَّةُ هي الأُوم (Ω)، باسْمِ الفيزيائيِّ الألمانيِّ جورج أوم. وتُساوي مُقاوَمةُ دارةٍ أومًا واحِدًا، إذا كان فَرْقُ الجُهْد (الفُلْطيَّة) عَبْرَها الذي مِقدارُه فُلْطٌ واحِد يَجْعَلُ تيَّارًا قيمتُه أمبيرٌ واحدٌ يَسْري فيها.

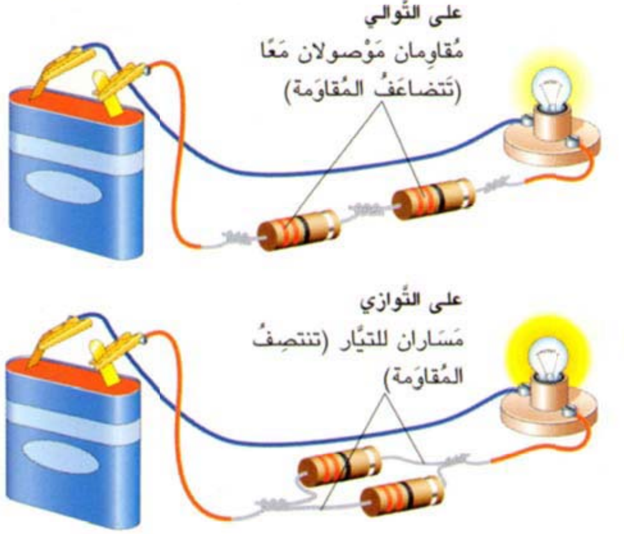
يَنُصُّ قانونُ أوم على أنَّ المُقاوَمةَ في دارةٍ هي خارِجُ قِسْمةِ الفُلْطيَّةِ على شِدَّةِ التيَّار. فَفَرْقُ الجُهْدِ الذي قيمته 2 فُلْط يَجْعَلُ تيَّارًا قيمتُه 2 أمبير يَسْري في دارةٍ مُقاوَمتُها أومٌ واحد (1 Ω). وفرقُ الجُهد الذي قيمتُه فُلْطان يَجْعَلُ تيَّارًا قيمتُه أمبيرٌ واحدٌ يَسْري في دارةٍ مُقاوَمتُها 2 أوم (2 Ω). بعِبارةٍ أُخرى: الفُلْطيَّةُ هي حاصِلُ ضَرْب شِدَّة التيَّار في المُقاوَمة؛ أو شِدَّةُ التيَّار هي خارِجُ قِسْمة الفُلْطيَّة (أو فَرْق الجُهْد) على المُقاوَمة.



مُثلَّثُ أوم يُسْتَخْدَمُ كَمُعِينٍ ذاكرةٍ في احتِسابِ شِدَّةِ التيَّار الكهربائيِّ ت «I» أو فرقِ الجُهد (الفُلْطيَّة) ف «V» أو المُقاوَمة م «R» لدارةٍ كهربائيَّةٍ باستِخْدامِ قانونِ أوم:
ف = ت × م (V=I x R).



المَصاهِرُ نبائطُ أمانٍ تُحَدِّدُ شِدَّةَ التيَّار الذي يُمكِنُه عُبورُ الدَّارة. وإذا ما حَصَل عُطْلٌ في الدَّارةِ يَنْدفِقُ تَمَوُّرٌ تيَّاريٌّ عَبْرَ المِصْهَر، فيَسْخُنُ سِلْكُ المِصْهَر ويَنْصَهِر قاطِعًا الدَّارةَ قبْلَ إمكانيَّةِ حُدوثِ مَزيدٍ من الأضْرار.



عندما تُوصَلُ مُقاوِمتان على التوالي، تُضَافُ مُقاوَماتُهما مَعًا، فيَخْفِتُ توهُّجُ البُصَيْلة. وعندما تُوصَلانِ على التَّوازي، يُتاحُ للتيَّارِ اتِّخاذُ مَسارَيْن – للواحِدِ منهُما مُقاوَمةٌ واحدةٌ فقط، فتَتَوهَّجُ البُصَيْلةُ بِسُطُوعٍ أشَدّ.



تَتغيَّرُ مُقاوَمةُ الثِّرْمِسْتُور (فوق) بِتَغَيُّرِ دَرجةِ الحرارة. بَعْضُ المُقاوِماتِ المُتغيِّرة يُضْبَطُ يَدَويًّا (في الوَسَط)؛ والبَعْضُ الآخَرُ يتَغيَّرُ بتغيُّرِ شِدَّةِ الضوءِ السَّاقِطِ عليه (الأَسْفَل).

أُنْظُر أيضًا

الدَّاراتُ الكَهْربائيَّة ص 340 – 341
تَوْزيعُ القُدْرة الكهربائيَّة ص 352 – 353
المُوَصِّلات ص 360 – 361

التواصُلُ الكَهْربائيّ

وسائلُ الاتّصال الكهربائيّ تُرْسِلُ رسائلَ عَبْرَ الأَسْلاكِ كإشاراتٍ كَهربائيّةٍ أو عَبْرَ الهواءِ كأمواجٍ كَهْرُمغْنطيسيَّة.



عامَ 1837، ساهَمَ المُختَرِعُ البريطانيُّ تْشارلْز وِيتْستُون (1802 – 1875) في صُنْعِ أوَّلِ تلِغراف كَهْربائيّ.



ابتكرَ المُختَرِعُ الأمريكيُّ صَموئيل مُورْس (1791 – 1872) شَفْرةَ رُموزٍ لإرسالِ الرَّسائل تلِغرافيًّا.

وَسائلُ الاتِّصالِ الكهربائيِّ تَنْقُلُ المَعْلوماتِ من مَكانٍ إلى آخَرَ على شَكْلِ إشاراتٍ كَهربائيَّة. وقد تكونُ هذه المَعلوماتُ إشاراتٍ تِلِفْزيونيَّةً أو أصواتَ المُذيعين في مَحطّاتِ البَثّ، أو مُعْطَياتٍ حاسُوبيَّةً. وفي كُلِّ الحالات، تُشَفَّرُ (تُرَمَّزُ) المَعْلوماتُ كتغَيُّراتٍ في الإشاراتِ الكَهربائيَّة.

كان التلِغرافُ نَبيطةَ الاتِّصالاتِ الكَهْربائيَّةِ الأُولى. ففي عام 1774، بَيَّنَ جورج لِيسَاج أنَّ كُرَتَي لُبِّ الخَشَبِ في المِكْشافِ الكَهْربائيِّ (الإلِكْتروسكوب) يُمكِنُ جَعْلُهما تَتَقَفَّزانِ تبَاعُدًا عندَ وَصْلِ سِلْكٍ بين الإلكتروسكوب وبين مَصْدرٍ للشِّحْناتِ الكَهْربائيَّة. ورُغْمَ أنَّ تلكَ النَّبيطةَ بَيَّنَتْ أنَّ الإشاراتِ الكَهْربائيَّةَ يُمكِنُ أنْ تَسْري كشِحْناتٍ عَبْرَ السِّلْك، فإنَّها لم تكُنْ مَنْظومةً عمليَّةً لإرسالِ رَسائل.

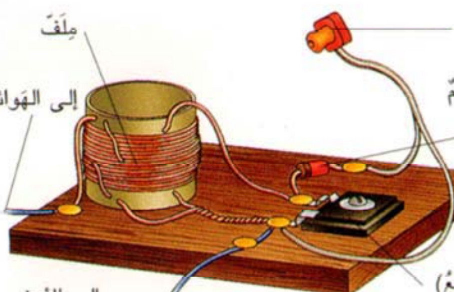
وقد تَحقَّقَتِ الخُطْوةُ التاليَةُ نَحْو إيجادِ مَنْظومةٍ تلِغرافيَّةٍ عَمليَّةٍ عامَ 1810، عندما اخترعَ أندريه ماري أمبير الأَمِّيتر. وتَمَيَّزَ هذا الجِهازُ بِمُؤشِّرٍ يَتحَرَّكُ عندَ مُرورِ تيَّارٍ كَهربائيٍّ في دارةٍ كهربائيَّة تحتويه.

والواقِعُ أنَّه لم يَحْصُلْ أيُّ تَقدُّمٍ في هذا المَجال حتَّى عام 1837، عندما اخترعَ البريطانيَّان وِلْيَم كُوك وتْشارلْز وِيتْستُون مَنْظومةً تلِغرافيَّةً استَخْدَمَتْ خَمْسةَ أَسْلاكٍ وخَمْسَ إبَرٍ مُتَحَرِّكةٍ لِتَرْميزِ حُروفٍ وأرْقام.

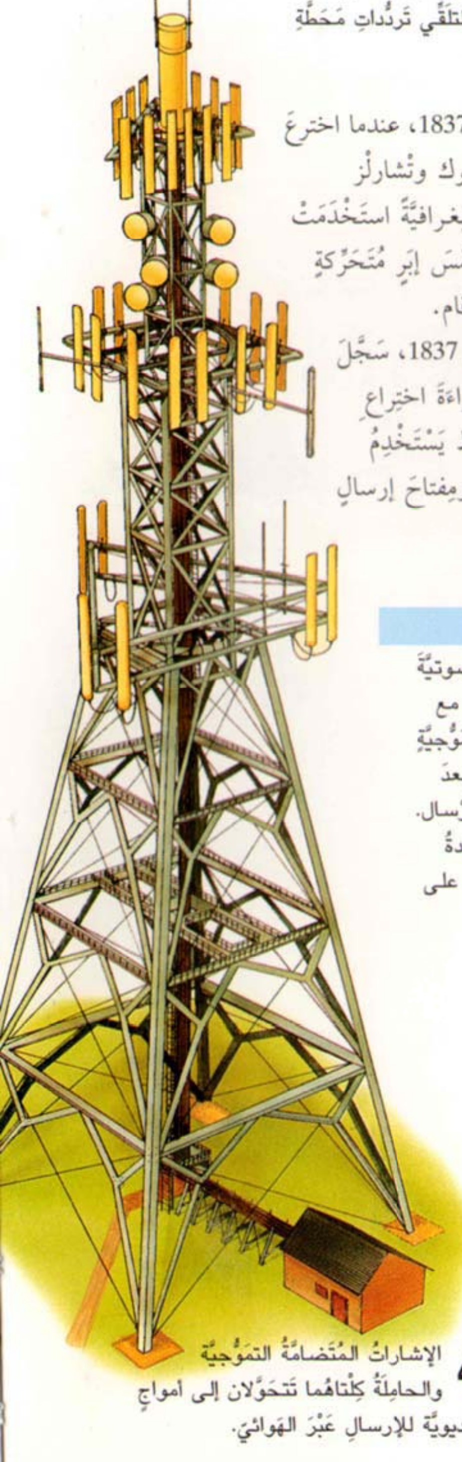
أيضًا، في العام 1837، سَجَّلَ صَموئيل مُورْس بَراءَةَ اختِراعِ نِظامٍ تلِغرافيٍّ أبْسَطَ يَسْتَخدِمُ سِلْكًا واحدًا فقَطْ ومِفتاحَ إرسالٍ



في البِدايةِ استُخْدِمَتْ مَفاتيحُ التلِغرافِ لإرسالِ الرَّسائلِ بِشَفْرةِ مُورْس كنُقَطٍ وشَرَطات تتلقَّاها مَكِناتٌ في الطَّرفِ المُستَقبِل على شريطٍ وَرَقيّ. ثُمَّ لاحِقًا صارَ المُوَظَّفون يتعَرَّفون الأَصْواتَ المُرَمَّزَةَ كَحُروف.

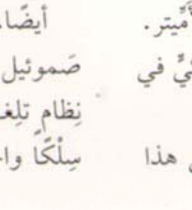


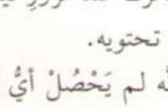
▲ هذا الراديُو البَسيطُ يُسَمَّى جِهازًا بِلَّوريًّا. الإشاراتُ الرَّاديُويَّةُ تَمُرُّ عَبْرَ مِلَفٍّ ومُكَثِّفِ مُوالَفَة يُمكِنُ مُوالَفَتُه لتلَقِّي تَردُّداتِ مَحطَّةِ إذاعةٍ لاسِلْكيَّة قَريبة.



البَثُّ الرَّاديُويُّ (الإذاعيّ)

عندما يُقَدِّمُ المُذيعُ مادَّتَه – حَديثًا أو غِناءً، يَلْتقِطُ المِكْروفُونُ الذَّبْذباتِ الهوائيَّةَ أو الأمواجَ الصوتيَّةَ من صَوتِه ويُحَوِّلُها إلى إشاراتٍ كَهْربائيَّة. هذه الإشاراتُ هي تيَّارٌ مُتَناوِبٌ تَتَساوَقُ ذَبْذباتُه مع ذَبْذباتِ صَوتِ المُذيع. الإشاراتُ الصوتيَّةُ تُرْسَلُ إلى ناقِلِ البَثّ، حيثُ تَمْتَزِجُ مع إشاراتٍ تَمَوُّجيَّةٍ أُخرى تُسَمَّى المَوْجَةَ الحامِلَةَ التي يَبْلُغُ تَرَدُّدُها آلافَ أو حتَّى مَلايينَ المَرَّاتِ في الثانية. بعدَ امتِزاجِهما معًا تتحَوَّلُ كِلْتا الإشاراتِ إلى مَوجاتٍ راديُويَّةٍ يُمكِنُ بَثُّها عَبْرَ الهواءِ من هَوائيِّ الإرْسال. الآنَ يُمكِنُ لأيِّ جِهازِ راديو مُوالَفٍ للتَرَدُّداتِ الصَّحيحةِ لِمَحطَّةِ الإذاعة، التِقاطُ الأمواجِ وإعادةُ تَحْويلِها إلى إشاراتٍ كهربائيَّة. ثُمَّ يُعَزِّزُ مُضَخِّمٌ تلكَ الإشاراتِ لِيُمَكِّنَها من حَمْلِ المَجاهير على إحداثِ أمواجٍ صَوتيَّة.







1 في استوديو مَحطَّةِ الإذاعة يَقومُ مُشَغِّلُ الأُسْطُوانات أو مُقَدِّمةُ البرامج بالبَثِّ في مِكْروفون.

2 المِكْروفون يُحَوِّلُ الأمواجَ الصوتيَّةَ إلى إشاراتٍ كَهْربائيَّةٍ مُتذَبْذبة.

3 هذه الإشاراتُ تُضَمُّ إلى إشاراتٍ أُخرى (موجَةٍ حامِلة) عاليَةِ الذَّبْذبة.

4 الإشاراتُ المُتَضامَّةُ التمَوُّجيَّةُ والحامِلَةُ كِلْتاهُما تَتحَوَّلان إلى أمواجٍ راديويَّة للإرسالِ عَبْرَ الهَوائيّ.



راديو التشغيل المَجّانيّ (فْري پْلي) لا يَحْتاجُ إلى بطّاريّات. وقد ابتكَره المُختَرِعُ الإنكليزيُّ تْريڤور بيليس. هذا الراديو يَسْتَهْلِكُ قُدْرةً من مُوَلِّدٍ صَغيرٍ تُديرُه آليَّةُ بَرْمٍ زُنْبُرُكيَّة. التدويرُ البَرْميُّ لِمُدَّة 25 ثانيةً لهذا الطِّرازِ الكلاسيكيِّ يُوَفِّرُ ما يَكْفي من الطاقة لِتَشْغيلِ الراديو مُدَّةَ 30 دقيقةً. وتَسْتَوعِبُ النماذِجُ المُطَوَّرة ما يكفي من القُدْرةِ للتَّشغيل ساعةً واحدةً بعْدَ بِضْعِ ثوانٍ فقطْ من تَدْويرِ آليَّةِ البَرْم.

يُرْسِلُ تيّارًا على امتِدادِ سِلْكٍ عندَ كَبْسِه. وكان عامِلُ الإرسالِ يُرسِلُ مَجْموعاتٍ من الضَّرَباتِ القَصيرةِ والطويلة لِتُمَثِّلَ الحُروفَ أو الأَرْقام.

في الطَّرَفِ المُستَقْبِل، كانَتْ نَبيطَةُ التلَقّي تَضْغَطُ قلَمًا على شَريحةٍ مُتحرِّكةٍ من الوَرَق عندَ سَرَيانِ تيّارٍ كَهربائيٍّ في السِّلْك. فكانت نَقَراتُ المِفْتاحِ القَصيرةُ تُسَجِّلُ نُقَطًا على الوَرَقة، فيما الضَّرَباتُ الأطوَلُ تُسَجِّلُ شَرَطات. ثُمَّ في الأجهزةِ اللّاحقَةِ طُوِّرت النُّقَطُ والشَّرَطاتُ إلى أصواتٍ يَتَلقّاها ويتعَرَّفُها عامِلُ الاستِقبالِ بالإصغاءِ عَبْرَ سَمّاعَتَي رأس.

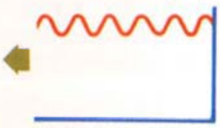
وقد غدَتْ مَنْظومةُ مُورْس ورُموزُ شَفْرَتِه من النُّقَطِ والشَّرَطاتِ النِّظامَ التِلغرافيَّ القِياسيَّ أواسطَ القَرْنِ التاسعَ عَشَر. وظَلَّ استِخْدامُه شائعًا على نِطاقٍ واسعٍ لإرسالِ الرَّسائلِ الدوليَّة حتّى بدأتْ خُطوطُ التلِفون الدوليَّةُ تَحُلُّ مَحَلَّ خُطوطِ التلِغراف في خَمْسينيّاتِ القَرْنِ العِشْرين.

الأَمواجُ الراديُويَّة

حوالَى عام 1886، اكتشَفَ الفِيزيائيُّ الألمانيُّ هِنْريخ هِرْتز (1857 - 1894)، ما غدا يُعْرَفُ بالأمواجِ الكَهْرُمِغْنيطيَّة. فقد وجَدَ أنَّه عندما استَخْدَمَ تيّارًا مُتناوِبًا عاليَ التَرَدُّد لإنتاجِ شَرارةٍ بينَ إلكترودَيْن، قفزَتْ شَرارةٌ أخفَتُ بكثيرٍ بين فَجْوةٍ في عُرْوةٍ سِلْكيَّةٍ مُنْفَصِلة. فأدرَكَ هِرْتز أنَّ شَكْلًا من الطاقةِ غيرِ المَرْئيَّةِ سَرَت عَبْرَ الهواءِ بينَ الدّارتَيْن. فكان ذلك اكتِشافًا للأَمواجِ الرّاديُويَّة.

في العام 1895، صنَعَ المُهَنْدِسُ الكَهْربائيُّ الإيطاليُّ جوليِلْمو ماركوني (1874 – 1937)، نَبيطةً جَمَعَ فيها بينَ دارةٍ كالتي صنَعَها هِرْتز وبَيْنَ مِفْتاحٍ مَثيلٍ للمِفْتاحِ في مَنْظومةِ مُورْس. فاستَطاعَ بهذه التَّوليفةِ إرسالَ نَبَضاتِ أمواجٍ راديويَّة على مَدى دائرةٍ نِصْفُ قُطْرِها عِدَّةُ كيلومترات؛ ويُمكِنُ تَلَقّي هذه النَّبَضات في دارةِ استِقبالٍ ضِمْنَ أيِّ مَوقعٍ في نِطاقِ ذلك المَجال. ولانعِدامِ الحاجةِ إلى وَصْلِ المُرْسِلِ والمُستَقْبِلِ في هذا التواصُلِ بِسِلْكٍ، فقد سُمِّيَتْ تِلكَ التوليفةُ التِلغرافيَّةَ اللّاسِلْكيَّة. وكان اختِراعُ ماركوني هذا مُفيدًا بشَكلٍ خاصٍّ للاتِّصالِ بينَ سفينةٍ وأُخرى أو بينَ السَّفينةِ والشاطِئ.

الاِتِّصالاتُ الراديُويَّةُ الحديثةُ تَعْتَمِدُ على حَقيقةِ أنَّ الأمواجَ الراديويَّةَ تَتَذَبْذَبُ بمُعَدَّلٍ، أو تَرَدُّدٍ، مُعَيَّنٍ يُقاسُ بآلافِ أو مَلايين الهِرْتزات. فكُلُّ مُرْسِلٍ يَسْتَخْدِمُ تَرَدُّداتِه الخاصَّة، المُسَمّاةَ تَرَدُّداتٍ حامِلَةً. والمُرَشِّحاتُ في المُسْتَقْبِلات (أو أجهزةِ الراديو) تُضَبَّطُ مُوالِفاتُها لالتِقاطِ إذاعاتِ المَحطّاتِ واحِدةً واحدة. يُرَمِّزُ تَضْمينُ التردُّد (إف إم «FM») المَعْلوماتِ المُرسَلَةَ من أمواجٍ صوتيَّةٍ أو صُوَرٍ، كتَغَيُّراتٍ في تَرَدُّداتِ الإشارةِ الحامِلَة. أمّا تَضْمينُ السَّعَةِ (إي إم «AM») فيستَخْدِمُ التَّغَيُّراتِ في قُوَّةِ الإشارة المُرسَلَة.



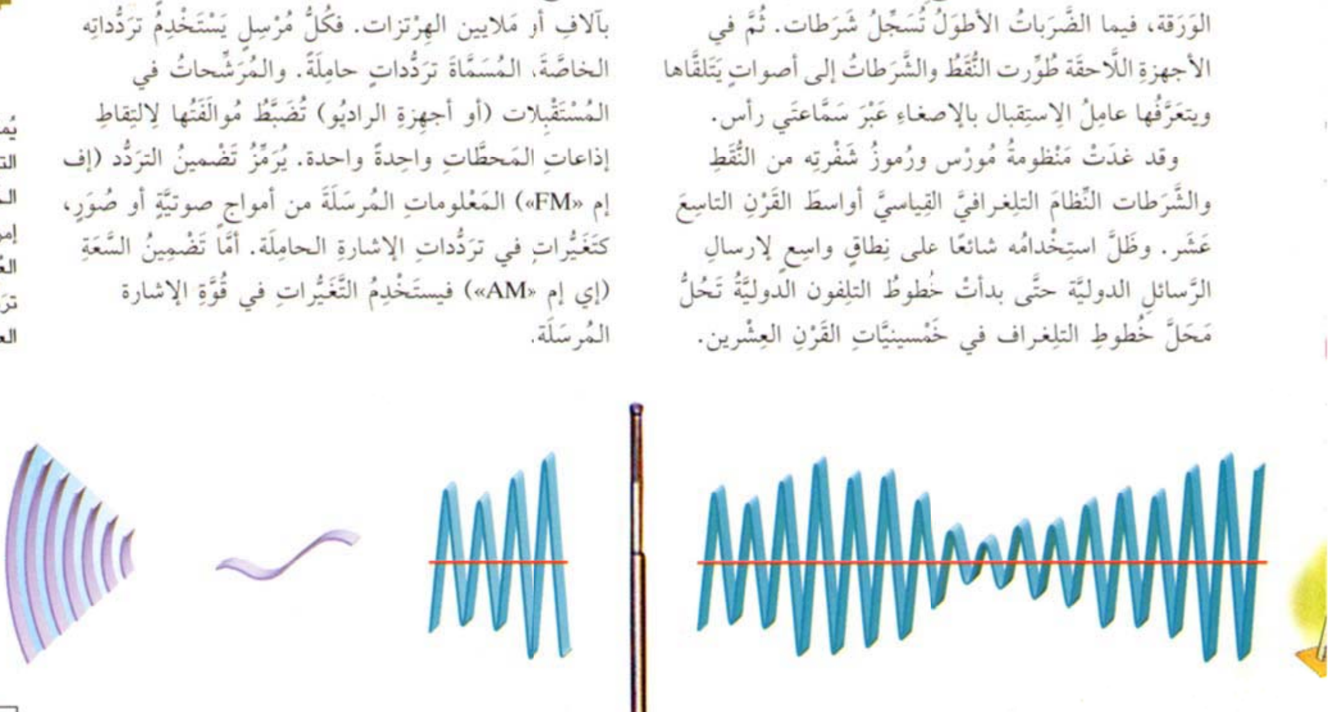
تَنْتَقي المُرَشِّحاتُ الإلكترونيَّةُ مدًى مُحَدَّدًا من التَّرَدُّدات تَسْري منها إلى مُقَوِّماتٍ أُخرى في الدّارة. أمّا التَّرَدُّداتُ خارجَ ذلك المَدى فَتُصَدُّ عن المُرَشِّح.



مُرَشِّحُ إمرارِ التَرَدُّدات العالية يَصُدُّ التَّرَدُّداتِ دونَ مُسْتَوًى مُعَيَّنٍ، يُسَمّى تَرَدُّدَ القَطْع. أمّا مُرَشِّحُ إمرارِ التَرَدُّداتِ المُنْخَفِضةِ فيَسْمَحُ فقطْ بمُرورِ التَرَدُّداتِ الخَفيضة.



يُمكِنُ انتِقاءُ نِطاقٍ مُحَدَّدٍ من التَرَدُّدات باستِخْدامِ مُرَشِّحِ إمرارِ الخَفيضِ من التَرَدُّدات مع مُرَشِّحِ إمرارِ العالي منها. فيَكُونُ الحَدّانِ العُلْويُّ والسُّفْليُّ للنِّطاق هما تَرَدُّدَي القَطعِ لِمُرَشِّحَي التَرَدُّداتِ العاليَةِ والخَفيضَة.



5 الإشاراتُ الراديويَّةُ تَسْري عَبْرَ الهواءِ، ويُمكِنُ تبَيُّنُها بواسطةِ جميعِ الهَوائيّاتِ الراديويَّةِ ضِمْنَ مدَى إرسالِ المُرْسِل.

6 دارةُ المُوالِفَة تَنْتَقي الإشاراتِ الراديويَّةَ المُعَيَّنةَ لِفَكِّ رُموزِ شَفْرَتِها.

7 الإشاراتُ الصوتيَّةُ تُحَلُّ رموزُ شَفْرَتِها المُنتَقاةُ من الإشاراتِ المُوالِفَة.

8 مُضَخِّمٌ يُعَزِّزُ الإشاراتِ الصوتيَّةَ للمَجاهيرِ (مُكَبِّرات الصوت) التي تُعيدُ تَحْويلَ الإشاراتِ إلى صَوت.

اُنْظُر أيضًا

الاِتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367
تَسْجيلُ الصَّوْت ص 368 – 369
التِّلِفِزْيون والڤِيدْيُو ص 370 – 371

الإتِّصالاتُ البُعاديَّة

الإتِّصالُ البُعاديُّ هو إرسالُ الإشاراتِ الإلكترونيَّةِ والكَهْرُمغْنيطيَّةِ لِنَقْلِ الكَلِماتِ والأصواتِ والصُّوَرِ ومُعطَياتٍ أُخرى عَبْرَ مَسافاتٍ بَعيدة.

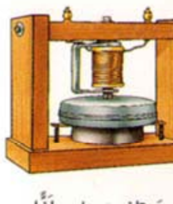


صَنَعَ المُختَرِعُ والمُعَلِّمُ الاسكُتلنديُّ المَوْلِد ألِكْسندَر غراهام بِل (1847 – 1922) أوَّلَ تلِفونٍ يَعمَلُ بِنَجاحٍ عام 1875، وسَجَّلَ براءةَ اختِراعِه بعدَ ذلك بِعامٍ واحد.

حاجةُ الناسِ إلى الإتِّصالِ عن بُعْدٍ، عَبْرَ المَسافات، قائمةٌ منذُ آلافِ السِّنين. وقد كانتْ أسرعُ وَسيلةٍ لنَقْلِ الأخبار وسواها من المَعْلومات تَتِمُّ بِدايةً بواسِطةِ العَدّائين ثُمَّ عن طريقِ السُّعاةِ على ظهُورِ الخَيْلِ أو بالقَوارب.

وتاليًا صارَ إمرارُ الإشاراتِ المَرْئيَّةِ يجري عَبْرَ سِلْسِلةٍ من المُراقِبين والمُشَوِّرين باستِخْدامِ اللَّهبِ لَيْلًا والدُّخانِ وضوءِ الشَّمْسِ المُنْعكِسِ عن المَرايا ونبائطَ أُخرى، كالرّايات، نَهارًا. هذه الوسائلُ جعلتْ نَقْلَ الرسائلِ البَسيطةِ أسرعَ بكثيرٍ مِمَّا يَسْتطيعُه السُّعاة.

وباختِراعِ التِّلغراف توَفَّرَ أوَّلُ نِظامِ اتِّصالاتٍ كَهْربائيّ يُمَكِّنُ من إرسالِ وتلَقّي رَسائلَ تَفْصيليَّةٍ، على شَكْلِ نَبَضاتٍ كهربائيَّةٍ مُشَفَّرة، عَبْرَ مَسافاتٍ طويلة.



استَخْدَمَ تلِفون بِل مِلَفًّا ومِغْنَطيسًا كَهْرَبِيًّا لِتَحْويلِ الصوتِ إلى إشاراتٍ كَهْربائيَّة.

وفي العام 1876، بينما كان ألِكْسندَر غراهام بِل يُجري تَحْسيناتٍ على التلِغراف، توَصَّلَ إلى اختِراعِ التلِفون (الهاتف). وقد تسَنَّى له ذلك باكتِشافِ طريقةٍ لإرسالِ الصَّوتِ البَشَريِّ عَبْرَ أسْلاكٍ كإشاراتٍ كهربائيَّة. ولم تكُنْ لدَيْه أيُّ فِكْرةٍ عمَّا سيَكونُ عليه نَجاحُ التلِفون مُستَقْبلًا – فقد اقتَصر ظَنُّه على أنَّ قِلَّةً من مُسْتَنْبطاتِه فقط ستَكونُ مَوضِعَ احتِياجِ الناس. حاليًّا، هنالك أكثرُ من ألف مِليون تلِفون نيدَ الخِدْمة في مُختلِفِ أرجاءِ العالَم.

وقد تقَدَّمتِ الأنْظِمةُ التلِفونيَّةُ بشَكْلٍ مُتَسارعٍ عَقِبَ اختِراعِ بِل. ففي البِداية، كان عامِلو الهاتِف يَصِلُون خُطوطَ المُتَخابِرين يَدَويًّا بِقَبْسِ طرَفَي كَبْلٍ في المِقْبَسِ المُحَدَّدِ لِكُلٍّ منهُم. وقد سُجِّلَت براءةُ اختِراعِ أوَّلِ لَوحةِ مَفاتيحَ مبكانيكيَّة، أو مَقْسِمٍ تلِفونيّ، عامَ 1891. لكِنَّ مُعظَمَ المقاسِمِ الحديثةِ حاليًّا هي أجهزةٌ مُحَوْسَبَةٌ تُتيحُ للمُتَخابِرين إدالَةَ أجهِزَتِهم التلِفونيَّةِ مُباشَرةً للاتِّصالِ بأيِّ بَلَدٍ في العالَم تقريبًا.



هذا الجِهازُ التلِفونيُّ، الذي يرجِعُ تاريخُه إلى عام 1919، تَمَيَّزَ بِجِسْمٍ ذي فَمَويَّةٍ ومَدالةٍ رَقْميَّةٍ دَوّارةٍ وأُذنيَّةٍ مُنْفَصِلة.



أبراجُ الإتِّصالاتِ البُعاديَّة، كهٰذا البُرْج، تُرَحِّلُ الإتِّصالاتِ التلِفونيَّةَ والناسوخيَّةَ (الفاكس) وبياناتِ المَعلومات. الأجسامُ الطبقيَّةُ الشَّكْلِ في أعلى البُرْجِ هي هَوائيّاتُ التَّمَوُّجاتِ الصُّغْريَّة تُوَجَّه نحو أبراجٍ أُخرى قد تكونُ على بُعدِ عِدَّةِ كيلومترات. وتُوَضَّعُ هذه الأبراجُ في مواقِعَ بحيثُ لا يُحْتَجَبُ خَطُّ البَصَرِ المباشِرِ في ما بينها.

الكَبُولُ والأَسْلاك

تعتَمِدُ التلِفوناتُ على شَبكةٍ من الكُبولِ والأسْلاكِ لِنَقْلِ الإشاراتِ الكهربائيَّةِ عَبْرَ جُزْءٍ من المَدَى، على الأقَلّ، بينَ طالِبي المُكالمات ومُتلَقّيها. ويُمكِنُ مَدُّ الخُطوطِ التلفونيَّةِ مُعَلَّقةً بين أعمِدةٍ أو طَمْرُها تحتَ سَطْحِ الأرض أو مَدُّها على قِيعانِ المُحيطات. الإشاراتُ الكَهْربائيَّةُ تَسْري في سِلْكٍ تلِفونيٍّ أسرَعَ أُلوفَ المرَّاتِ من سُرْعةِ الصَّوتِ في الهواء. وهي أيضًا تَبلُغُ مدًى أبْعَدَ بكثيرٍ مِمّا يَبْلُغه الصوتُ البَشَريّ. وتُسْهِمُ مُضَخِّماتٌ على امتِدادِ الخُطوطِ في إبقاءِ الإشاراتِ



الإتِّصالاتُ عَبْرَ السَّواتِل

تَدورُ السَّواتِلُ الأرضيَّةُ الاستِقْرار حوْلَ الأرض على ارتِفاعٍ يُقارِبُ 900 35 كم. وهي، على هذا الإرتفاع، تَدورُ حوْلَ الأرض بالسُّرْعةِ نَفْسِها كسُرْعةِ دَورانِ كَوكبِ الارض حوْلَ نفْسِه، بحيثُ تظَلُّ ثابتةَ المَوقعِ بالنِّسبةِ إلى الأرض. وكان كاتِبُ القِصَصِ العلميَّةِ الخياليَّة، آرْثَر س. كلارك قد ارتأى منذُ عام 1945 إمكانيَّةَ أنْ تقومَ السواتِلُ الأرضيَّةُ الاستِقْرارِ بتَرحيلِ المُكالماتِ التلفونيَّةِ والصُّوَرِ التلِفِزيونيَّةِ والإشارات الكَهْربيَّةِ الأُخرى بين مَحطّاتٍ ارضيَّةٍ تَفْصِلُ بينها أُلوفُ الكيلومترات. وقد أُطلِقَ سينْكوم 2 أوَّلُ ساتِلِ اتِّصالاتٍ أرضيُّ الاستِقْرار عامَ 1963. ومُنْذُئذٍ وُضِعَتْ مِئاتُ سواتِلِ الإتِّصالات في مَداراتٍ ثابتةٍ حوْلَ الأرض. هذه السَّواتِلُ تَتلَقّى الإشاراتِ من هَوائيّاتِ مُرسِلاتٍ أرضيَّةٍ فتُضَخِّمُها ثُمَّ تُعيدُ إرسالَها إلى مُستَقْبِلاتٍ أرضيَّة.

التِّلفون

تَضُمُّ يدويَّةُ التِّلفون فَمَويَّةَ الإرسال وأُذُنيَّةَ الاستِقبال. فعِندما يتحدَّثُ طالِبُ المُكالَمة تَصْدِمُ الأمواجُ الصوتيَّةُ رِقًّا فلزِّيًّا رَقيقًا فتَجْعَلُه يَتذَبْذَب. هذه الذَّبذَبةُ تَضْغَطُ تكراريًّا حُبَيْباتٍ كربونيَّةً في أُسْطُوانةٍ خَلْفَ الرِّقِّ – مِمَّا يُغَيِّرُ مُقاوَمَتَها الكهربائيَّةَ بحيث إنَّ التيَّارَ الكَهْرَبائيَّ الذي يَسْري بين إلكترودَي الفَمَويَّةِ يُحاكي الأمواجَ الصوتيَّةَ لِصَوتِ المُتَكَلِّم. والإشاراتُ الوارِدةُ عَودًا تَجْعَلُ مِغْنَطيسًا كَهْرَبيًّا ورِقًّا، في الأُذُنيَّةِ، يَتذَبْذَبان لإعادةِ إحداثِ صَوتِ المُجيبِ على المُكالَمة.





◄ الأمواجُ الصوتيَّةُ تُذَبْذِبُ الرِّقَّ الذي يَضْغَطُ الحُبَيْباتِ الكربونيَّةَ ويُغَيِّرُ شِدَّةَ التيَّارِ الكهربائيِّ استجابةً لِصَوتِ طالِبِ المُكالَمة.

قَويَّةً. لكِنَّ التَّداخُلَ الكَهْرَبائيَّ يُخَفِّضُ من جُودَةِ الصَّوت على مَدى المَسافاتِ الطويلةِ جِدًّا.

شَبكاتٌ تلِفونيَّةٌ عديدة تَسْتَخدِمُ حاليًّا أَلْيافًا ضوئيَّةً (بَصَريَّة) لِوَصْلِ المَقاسِمِ التلِفونيَّة. هذه الأَلْيافُ هي خُيوطٌ زُجاجيَّةٌ رَفيعة تنقلُ الرَّسائلَ كإشاراتٍ ضوئيَّة. فالمقاسِمُ تُحَوِّلُ الإشارات الكهربائيَّة الواردةَ الى إشاراتٍ ضَوئيَّةٍ تَسْري عَبْرَ الأَلْياف الضوئيَّة دُونَ تَداخُل. ويَسْتطيعُ الزَّوجُ من الأَلْيافِ الضوئيَّة نَقْلَ حوالى 6000 مُخابَرة في الوقتِ نفسِه.

استِخْدامُ الأَمواجِ الراديويَّة

الكثيرُ من نُظُمِ الاتِّصالاتِ البُعاديَّة يَسْتَخْدِمُ أمواجًا راديُويَّةً عاليَةَ التَرَدُّد تُسَمَّى تَموُّجاتٍ صُغْريَّةً. والمُرَحِّلاتُ والسَّواتِلُ تَنْقُلُ تِلْكُمُ الإشاراتِ حوْلَ العالَم.

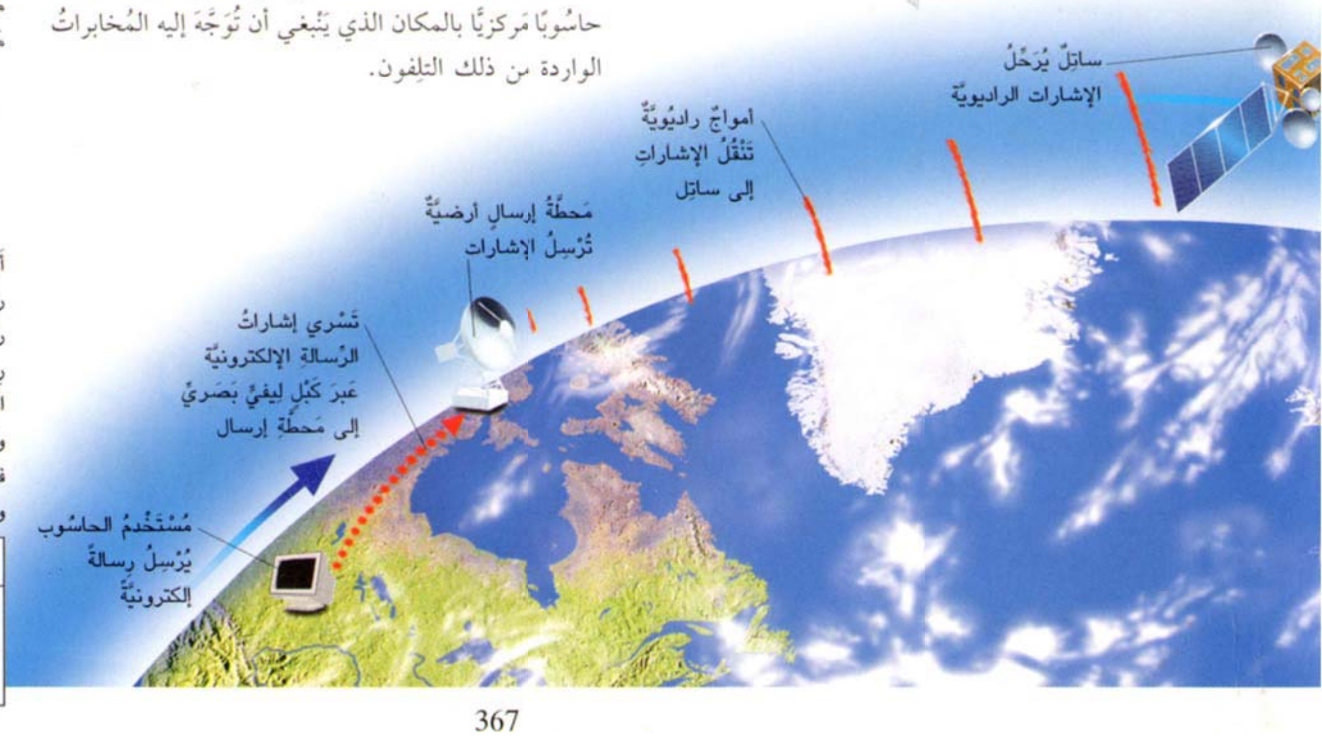
شَبكاتُ التلِفونات النَّقُولة (الخَلَويَّة) تَسْتَخْدِمُ هوائيَّاتٍ عديدةً لإرسالِ واستِقْبالِ الإشاراتِ ضِمْنَ نُطُقٍ صَغيرةٍ تُسَمَّى خلايا. فعِندما يَسْتَخْدِمُ طالِبُ المُكالَمة تلِفونًا نَقُولًا، تُرْسَلُ إشارةٌ مَوجيَّةٌ صُغْريَّةٌ إلى أقْرَبِ هوائيّ، فيُوصِلُه بالشَّبَكة. والإشاراتُ المُنْتَظِمةُ من كُلِّ تلِفونٍ نَقُول تُعَرِّفُ حاسُوبًا مَركزيًّا بالمكان الذي يَنْبغي أن تُوَجَّهَ إليه المُخابراتُ الواردة من ذلك التلِفون.



أَجْهِزَةُ التلِفون النَّقُولَة (الخَلَويَّة) تُوَفِّرُ للنَّاسِ في تَنَقُّلاتِهِم، من مكانٍ إلى آخَر، وسائلَ اتِّصالٍ مَحْمولَة.



أَجْهِزَةُ المُناداةِ هي مُسْتَقبِلاتٌ راديويَّةٌ صَغيرةٌ تَرْقُبُ تَرَدُّدًا راديويًّا مُعَيَّنًا. فعِندما تُرْسَلُ رِسالةٌ إلى المُنادَى، أو يُجْرى اتِّصالٌ به، تَقومُ إشارةٌ خاصَّةٌ وفَريدةٌ «بفَتْح» جهاز المُناداة – فيتلَقَّى الجِهازُ الرِّسالةَ ويَعْرِضُها.

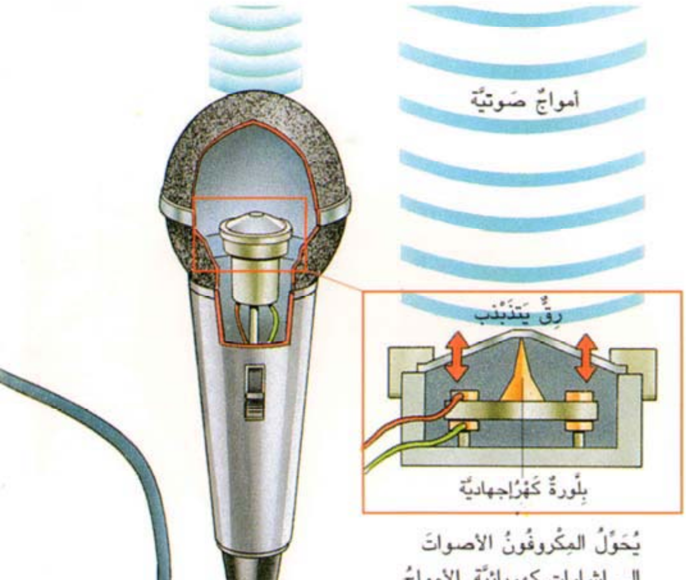


أُنْظُر أيضًا

التَّواصُلُ الكَهْرَبائيّ ص 364 – 365
تكنولوجيَّةُ المَعْلومات ص 380 – 381

تَسْجيلُ الصَّوت

تَسْجيلُ الصَّوت وَسيلةٌ لِاختِزانِ الإشاراتِ الكهربائيَّةِ التي تُمَثِّلُ الأمواجَ الصوتيَّةَ بحيثُ يُمكِنُ استِعادَتُها باستِعْزافِ التَّسْجيلِ ثانيةً واستِعادةِ الصَّوتِ الأَصْليّ.



يُحَوِّلُ المِكْروفونُ الاصواتَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة. الأمواجُ الصَّوتيَّةُ تُذَبْذِبُ رِقًّا يُوَلِّدُ تيَّارًا كهربائيًّا مُتَغَيِّرًا مُحاكيًا ذَبْذباتِ الامواجِ الصوتيَّةِ الأصليَّة. البِلَّورةُ الكَهْرَإجهاديَّةُ في المِكْروفون تُحَوِّلُ الامواجَ الصوتيَّةَ إلى تيَّارٍ كهربائيّ.



المُختَرِعُ والفيزيائيُّ توماس ألفا أديسُون (1847 – 1931)، حقَّقَ ما يَفوقُ 1000 اختِراع – شَمَلَتْ أوَّلَ صَمّجةِ إنارةٍ عَمَليَّةٍ وأوَّلَ جِهازِ إسقاطٍ سينمائيٍّ للصُّوَرِ المُتَحَرِّكة، المُسَمَّى كَيْنِتوسكوب. كما أدخَلَ تَحْسيناتٍ أساسيَّةً على نُظُمِ التلِفون الأوَّليّ. وفي العام 1877، اخترعَ أديسُون مَنْظومةَ الحاكي (الفُونُوغراف) لِتَسْجيلِ الصَّوت على أُسطُوانات وإعادةِ استِعْزافِها.

الصَّوتُ شَكْلٌ من أَشكالِ الطاقة. وهو عندما يَسْري عَبْرَ الهواءِ، يَتَّخِذُ شكلَ تَمَوُّجاتٍ من ضغطِ الهواء العالي والخفيض. وعندما تَصْدِمُ هذه التمَوُّجاتُ طَبْلَةَ أُذُنٍ بَشَريَّة، فإنَّ الضَّغْطَ المُتَراوِحَ يَجْعَلُ طَبْلَةَ الأُذُنِ تَتَذَبْذَبُ مُرْسِلَةً إشاراتٍ كهروعَصَبيَّةً إلى الدِّماغ.

طرائقُ تَسْجيلِ الصَّوتِ الحديثة تَسْتَبينُ الذَّبذَباتِ الصَّوتيَّةَ وتُحَوِّلُها إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ يُمكِنُ اختِزانُها واستِعادةُ استِعْزافِها لاحِقًا.

التَّسجيلُ الفُونُوغرافيّ
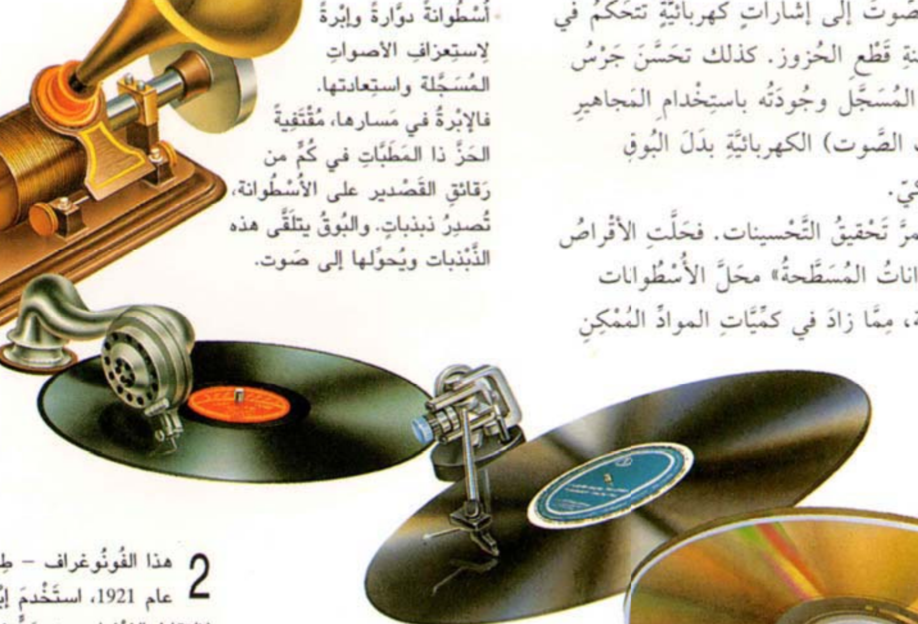
أوَّلُ وَسيلةٍ عَمَليَّةٍ لِتَسْجيلِ الصَّوت كان فُونوغرافُ أديسُون – طِراز عام 1877. وكان يتألَّفُ من بُوقٍ يَلْتَقِطُ الأَصواتَ ويُوجِّهُ ذَبْذباتِها نحو إبْرةِ تَسْجيلٍ مُرَكَّزةٍ على أُسْطُوانةٍ دوَّارة تَقْطَعُ حَزًّا ذا مَطَبَّاتٍ فيها. وعند استِعْزافِ الأُسْطُوانةِ، كانت إبْرةُ الحاكي تَقْتَفي أَثَرَ الحَزِّ مُسْتَعيدةً الصَّوتَ الأصْليّ.

في بِداياتِ القَرْنِ العِشْرين، طرَأَ تَحَسُّنٌ كبيرٌ على نَوعيَّةِ التَّسْجيلاتِ الصوتيَّةِ باختِراعِ المِكْروفُونات. فالمِكروفون يُحَوِّلُ الصَّوتَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تتحَكَّمُ في إدارةِ مَكِنةِ قَطْعِ الحُزوز. كذلك تحَسَّنَ جَرْسُ الصَّوتِ المُسَجَّلِ وجُودَتُه باستِخْدامِ المَجاهيرِ (مُكَبِّرات الصَّوت) الكهربائيَّةِ بدَلَ البُوقِ الميكانيكيّ.

واستَمَرَّ تَحْقيقُ التَّحْسينات. فحَلَّتِ الأقْراصُ «الأُسْطُواناتُ المُسَطَّحة» محَلَّ الأُسْطُوانات المُجَسَّمة، مِمَّا زادَ في كمِّيَّاتِ الموادِّ المُمْكِنِ



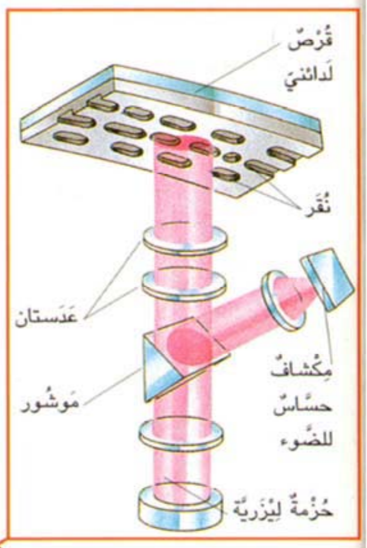
1 فُونُوغراف توماس أديسُون استَخْدمَ أُسْطُوانةً دوَّارةً وإبْرةً لِاستِعزافِ الأصواتِ المُسَجَّلة واستِعادتها. فالإبْرةُ في مَسارِها، مُقْتَفِيةً الحَزَّ ذا المَطَبَّاتِ في كُمٍّ من رَقائقِ القَصْدير على الأُسْطُوانة، تُصدِرُ ذبذباتٍ. والبُوقُ يتلَقَّى هذه الذَّبْذبات ويُحوِّلها إلى صَوت.



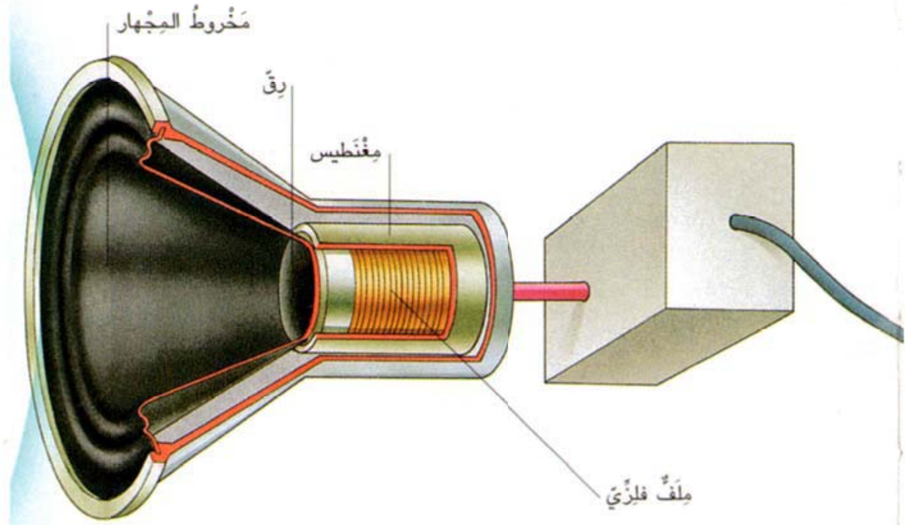
2 هذا الفُونُوغراف – طِراز عام 1921، استَخْدَمَ إبْرةً لِالتِقاطِ الذَّبْذباتِ من حَزٍّ في قُرْصٍ «أُسْطُوانةٍ»، من صَمْغِ اللَّك. والمِنْضَدةُ الدوَّارةُ كانت تديرُ الأُسْطُوانةَ بِسُرْعةِ 78 دورةً في الدقيقة «دفـد.». ومِحْفَظةُ الإبْرةِ تُحَوِّلُ الذبْذباتِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تُزَوِّدُ مِجْهارَ الفُونُوغراف بالقُدْرة.

3 الأُسْطُواناتُ المُطَوَّلَة تَدورُ $33\frac{1}{3}$ دورةً في الدقيقة. وهي بَدأتْ تَحُلُّ مَحَلَّ أُسْطُوانات 78 «دفـد.». والأُسْطُواناتُ الفرديَّةُ المُطَوَّلة، التي تَدورُ بِسُرْعة 45 «دفـد.»، تَبِعَتْ لاحِقًا. وقد تمَّ صُنْعُ أُولى الأُسْطُوانات المُجَسِّمةِ الصوت عام 1958.





4 منذُ بدايةِ ثمانينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، غدَتِ الأقراصُ المُدْمَجةُ وَسيلةً رائجةً لِتَسْجيلِ الأصوات والمُعْطيات. فالمَعْلوماتُ تُخْتَزَنُ كتتابُعٍ من النُّقَر على فيلم في القُرْص. وبتَدْويمِ القُرْص في حُزْمةٍ لِيزَريَّة، داخِلَ مِعْزَفةِ الأقراص المُدْمَجةِ، تَعْكِسُ النُّقَرُ نَبَضاتِ الضَّوءِ على مِكْشافٍ حسَّاسٍ للضَّوء، يُحَوِّلُها إلى إشاراتٍ كهربائيَّة.



▲ عندَ مُرورِ إشارةٍ كهربائيَّةٍ عَبْرَ المِلَفِّ في مُؤَخِّرةِ مَخْروطِ المِجْهارِ، تُوَلِّدُ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا مُتَراوِحًا. والتَّجاذُبُ والتَّنافُرُ، المُتَغَيِّرانِ مع مِغْنَطيسٍ خَلْفَ المَخْروطِ، يَجْعَلانِه يَتَذَبْذَبُ مُحْدِثًا أمواجًا صوتيَّةً.

تَسْجيلَها. كما حَسَّنَتْ مَكِناتُ قَطْعِ الحُزوزِ وإبَرُ استِعادةِ التَّسْجيلِ الأفضَلُ وسُرْعاتُ المَناضِدِ الدوَّارةِ الأكثَرِ استِقْرارًا جَرْسَ الصَّوتِ وجودتَه. واستَخْدَمَ جِهازُ الصَّوتِ المُجَسَّمِ، الذي أُدخِلَ عام 1958، مِجْهارَيْنِ على الأقَلّ. والفَصْلُ الناتِجُ للأصواتِ أعطى المُسْتَمِعَ انْطِباعًا بأنَّه يَستَمِعُ إلى أداءٍ مُباشَر.

التَّسْجيلُ المِغْنَطيسيّ

راجَ التَّسْجيلُ المِغْنَطيسيُّ وشاعَ في خَمْسينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين. فالمُسَجِّلاتُ المِغْنَطيسيَّةُ تَخْتَزِنُ الأصواتَ باستِخْدامِ مِغْنَطيسٍ كَهْرَبيٍّ وشريطِ تَسْجيلٍ مُمَغْنَط.

عندَ التَّسْجيلِ، تُوَلِّدُ الإشارةُ الكهربائيَّةُ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا مُتَراوِحًا في نُبَيطةٍ سِلكيَّةٍ مُلَفَّفةٍ، تُسَمَّى الرأسيَّة. فتَتَراصَفُ جُسَيْماتُ أُكسيدِ الحديدِ المِغْنَطيسيَّةُ في الشَّريطِ مع المَجالِ المِغْنَطيسيِّ أثناءَ مُرورِ الشَّريطِ عَبْرَ الرأسيَّةِ - فيُكَوِّنُ هذا نَسَقًا مِغْنَطيسيًّا.

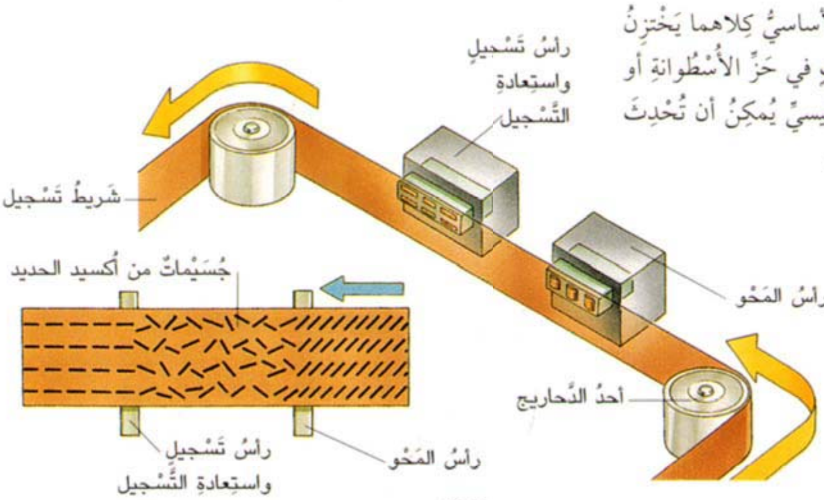
وعندما تُستَعادُ مُسَجِّلاتُ الشَّريطِ يَسْتَحِثُّ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ المُتَغَيِّرُ تيَّارًا كهربائيًّا في الرأسيَّةِ يُمكِنُ تَضْخيمُه لِاستِعادةِ الصَّوتِ الأصْليّ.

التَّسْجيلُ الرَّقْميُّ

الفُونُوغرافيَّةُ والتَّسْجيلُ المِغْنَطيسيُّ الأساسيُّ كِلاهما يَخْتَزِنُ الإشاراتِ الصوتيَّةَ كأمواج. وأيُّ تَلَوُّثٍ في حَزِّ الأُسْطُوانةِ أو أيُّ تغَيُّراتٍ ضئيلةٍ في المَجالِ المِغْنَطيسيِّ يُمكِنُ أن تُحْدِثَ تغَيُّرًا بالِغَ الأثَرِ في استِعادةِ الصَّوت.

يُرَمِّزُ التَّسْجيلُ الرَّقْميُّ الإشاراتِ الصوتيَّةَ كسِلْسِلةٍ من النَّبَضاتِ على قُرْصٍ أو شَريط. وعند استِعادةِ التَّسْجيلِ أو قِراءَتِه تَتَعَرَّفُ نُبَيطةُ القِراءَةِ هذه النَّبَضاتِ وتَفُكُّ رُموزَها. والإشاراتُ المَضْبوطةُ تَظَلُّ مَقْروءَةً حتَّى ولو كان القُرْصُ أو الشَّريطُ مَعْطُوبًا.

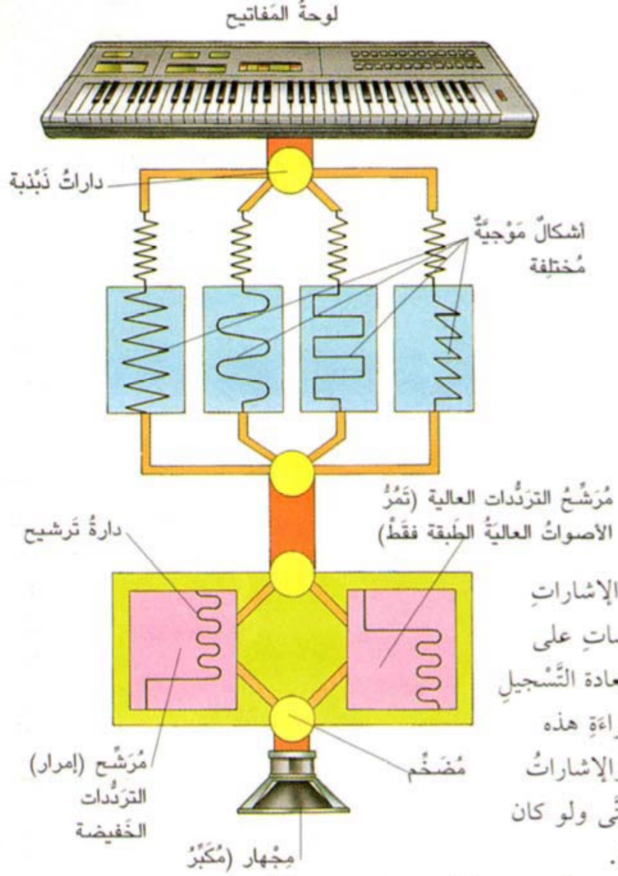
الأقراصُ المُدْمَجةُ تَحوي النَّبَضاتِ كثُغْراتٍ (أو ثُقوبٍ) في فيلمٍ مُعالَجٍ بالألومنيوم يُمكِنُ قِراءَتُها باللِّيْزَر. الأقْراصُ الصُّغْرِيَّةُ والأشرطةُ السَّمْعيَّةُ الرَّقْميَّةُ وأقراصُ الحاسُوبِ تَخْتَزِنُ الإشاراتِ كنَبَضاتٍ مُمَغْنَطةٍ تُقرأُ بواسِطةِ مِلَفٍّ شبيهٍ برأسِ استِعادةِ مُسَجِّلاتِ الشَّريط.



◄ رأسُ التَّسْجيلِ في مَنْظومةِ شَريطِ الكاسيت يُمَغْنِطُ جُسَيْماتٍ من أُكسيدِ الحديدِ في نَسَقٍ يُحاكي الإشاراتِ الصوتيَّةَ. وهذا النَّسَقُ يُوَلِّدُ، عندَ استِعادةِ مُسَجِّلاتِ الشَّريطِ، إشاراتٍ كهربائيَّةً يُمكِنُ تَضْخيمُها لِاستِعادةِ الأصوات.

الصَّوتُ المُؤَلَّف

عندما تُعْزَفُ إشارةٌ كهربائيَّةٌ عَبْرَ المِجْهارِ، فإنَّ نَمَطَ الصَّوتِ المُحْدَثِ يَعْتَمِدُ على نَمَطِ الإشارةِ أو شَكْلِها المَوجيّ. تَسْتَخْدِمُ المُؤَلِّفاتُ داراتٍ، تُسَمَّى مُذَبْذِباتٍ، لإحداثِ أشكالٍ مَوجيَّةٍ بَسيطة. إنَّ تَرْشيحَ ومَزْجَ هذه الأشكالِ المَوْجيَّةِ الأساسيَّةِ يُحْدِثانِ إشاراتٍ أكثَرَ تَعْقيدًا. بعضُ المُؤَلِّفاتِ يُحَوِّرُ تَسْجيلاتِ الآلاتِ المُوسيقيَّةِ أو المُؤَثِّراتِ الصوتيَّةِ لإنتاجِ خَرْجٍ مُعَيَّن.





▲ كاسيتاتُ الأقراصِ المُدْمَجةِ الرَّقْميَّةِ تَخْتَزِنُ المَعْلوماتِ الصوتيَّةَ كشَفْرةٍ رقميَّةٍ (كإشاراتِ قَطْعٍ ووَصْلٍ). التَّسْجيلُ الرَّقْميُّ عِنْدَ الاستِعادةِ أكثَرُ دِقَّةً صوتيَّةً من التَّسْجيلِ على كاسيتاتِ الأشرطةِ السَّمْعيَّةِ العاديَّة.

أُنْظُر أيضًا

المِغْنَطيساتُ والمِغْنَطيسيَّة ص 342 - 343
خَلايا القُدْرة ص 357
التَّواصُلُ الكَهْرَبائيّ ص 364 - 365

التِّلِفِزيون والفِيدْيُو

التَّلْفَزةُ تَلْتَقِطُ الصُّوَرَ والأَصواتَ وتُرسِلُها إلى مَلايين الأَجهزة التِّلِفِزيونيَّة (التِّلْفازات) في مُخْتَلِف أرجاءِ العالَم. والفِيدْيُو يُسَجِّلُ الصُّوَرَ ومَدارِجَ الصَّوت الذي يُرافِقُها.



كان المُهَنْدسُ الكَهْرِبائيُّ والمُختَرِعُ الاسكُتلَنْديُّ جون لُوجاي بيرد (1888 – 1946) أوَّلَ مَن أرسلَ صورةً تِلِفِزيونيَّةً بواسِطةِ الأمواجِ الراديويَّة عام 1926. وقد قدَّم طلباتِ تَسجيلِ براءاتِ اختِراعاتِهِ منذُ العام 1923. وظَلَّ يعمَلُ، حتَّى وَفاتِهِ تقريبًا، على تَحْقيقِ أساليبِ إرسالٍ جَديدة.

بَدأَ البَثُّ التِّلِفِزيونيُّ في بريطانيا عام 1936، وفي الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة عام 1939، وأواخِرِ الخَمْسينيَّات من القَرْن العِشْرين في معظم أنحاء العالم العَربيّ.

في بادئِ الأمر، كانت قِلَّةٌ من الناس تَمْتَلِكُ أجهزةً تَلِفِزيونيَّةً، وكانتِ الكاميراتُ والمُرسِلاتُ والمُستَقْبِلاتُ تَتَناول الصُّورَ باللونَيْنِ الأَسود والأَبيض فقط. ومُنذُ ذلك الحِين، تَنامَى رَواجُ التلِفِزيون بشَكْلٍ مُطَّرِد، بخاصَّةٍ مُنذُ إدخالِ التلِفِزيون المُلَوَّن عامَ 1953.

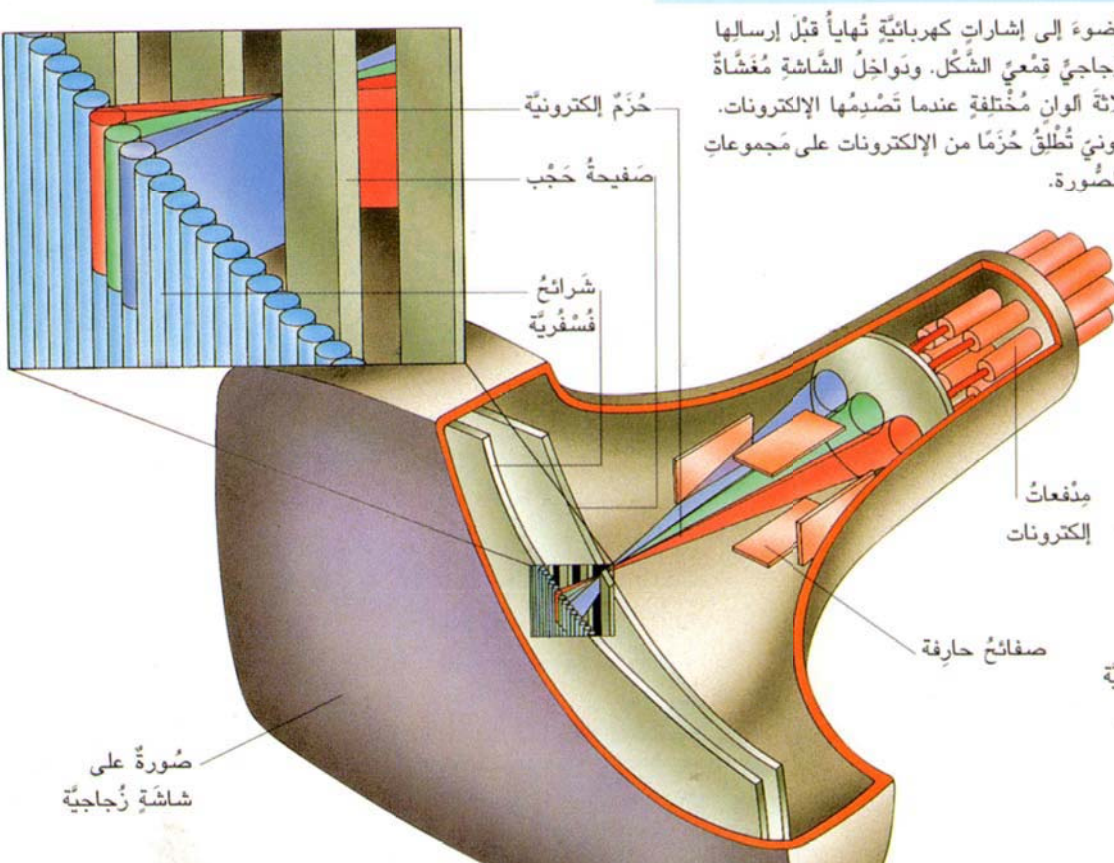
أحَدُ رُوَّادِ التلْفَزة، جون لُوجاي بيرد، عرضَ مَنْظومةَ تَلْفَزةٍ عامَ 1926، سُمِّيت تِلِفَيْزُر بيرد (مُعايِن بيرد التِّلفازيّ). وقد استَخْدَمَتْ هذه المَنْظومةُ قُرْصًا دوَّارًا يَحْمل مَجموعةً حَلَزونيَّةً من العَدَسات، يُسَمَّى قُرْصَ نِپْكُو، لِتَقسيمِ الصُّورةِ إلى خُطوطٍ أُفُقيَّة. فكانت كُلُّ عَدَسةٍ تُبَئِّرُ خطًّا أُفُقيًّا من الصُّورة على خليَّةٍ كهرُضَوئيَّة تُوَلِّد تيَّارًا كهربائيًّا يتغيَّرُ بِحَسَب كمِّيَّةِ الضوءِ السَّاقِطةِ عليها. العَمَليَّةُ هذه، المُسَمَّاةُ المَسْحَ، أو التَّفْريسَ الميكانيكيَّ، تُحَوِّلُ الصُّورةَ إلى سِلْسِلةٍ من الإشاراتِ التي يُمكِنُ إرسالُها كأمواجٍ راديويَّة. والمُستَقْبِلُ يُعيدُ هذه الإشاراتِ إلى ضَوءٍ مُتَغَيِّرِ الشِّدَّة. وعندَ مُرورِ هذا الضوءِ عَبْرَ قُرْصِ نِپْكو آخَرَ، يَسْتعيدُ القُرْصُ الصُّورةَ على شاشَةِ عَرْض.

أَجهزةُ التلِفِزيون الحديثة تَسْتخدِم مِدْفَعاتٍ إلكترونيَّةً لإنتاج حُزَمٍ من الإلكترونات «تَطْبَعُ» الصُّوَرَ التلِفِزيونيَّةَ كَخُطوطٍ على شاشة العَرض. والصفائحُ المَشْحونةُ كهربائيًّا تَحْرِفُ الحُزَمَ وتُوَجِّهُها من جانِبٍ لآخر ومن أعلى إلى أسْفَل. وشاشَةُ العَرض مُغشّاةٌ بِمَوادَّ مُتَفَسْفِرة (تُسَمَّى فُسْفُرات) تَتَوَهَّجُ عندما تَصْدِمُها الحُزَمُ الإلكترونيَّة.

النُّظُمُ التِّلِفِزيونيَّةُ القِياسيَّةُ الأوروبيَّةُ تَسْتَخْدِمُ نظامَ الـ 625 خَطًّا في الإطار و25 إطارًا في الثانية. النُّظُمُ اليابانيَّةُ والأمريكيَّةُ تَسْتَخْدِمُ نظامَ الـ 525 خطًّا و30 إطارًا في الثانية. التلِفِزيونُ العالي الوضوحيَّة يَسْتَخْدِمُ نظام الـ 1125 خطًّا لِيُعطي صُوَرًا أحَدَّ وتَفاصيلَ أدقّ.

كيفَ يعمَلُ التِّلِفِزيون

تُحَوِّلُ المَكاشيفُ الضوئيَّةُ، في الكاميرا التلِفِزيونيَّة، الضوءَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تُهايأُ قبْلَ إرسالِها كأمواجٍ راديويَّة. شاشَةُ التلِفِزيون هي واجِهةُ أُنبوبٍ زُجاجيٍّ قِمْعيِّ الشَّكْل. ودَواخِلُ الشّاشة مُغَشّاةٌ بشرائحَ من الفُسْفُرات، وهي مَوادُّ مُتَفَسْفِرةٌ تُوَهِّجُ ثلاثةَ ألوانٍ مُخْتلِفةٍ عندما تَصْدِمُها الإلكترونات. المِدْفعاتُ الإلكترونيَّةُ الثلاثُ في مُؤخَّرةِ الأُنبوب التلِفِزيونيّ تُطْلِقُ حُزَمًا من الإلكترونات على مَجموعاتِ الفُسْفُرات الثلاثِ خَلْفَ الشّاشة التي تُضيءُ لِتَخْليقِ الصُّورة.

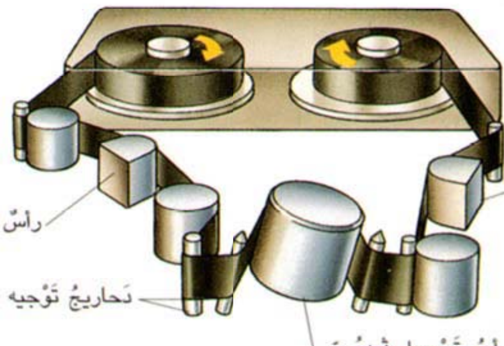






التَّسجيلُ الڤيديُويُّ

الشريطُ في الكاسيت (الحافِظة) الڤيدْيُويَّة ذو مَدارجَ (مَسالكَ) ثلاثة: مَدْرج عريض تُسَجَّلُ عليه مَعْلوميَّاتُ الصورة ومدرج تحَكُّم ضَيِّق ومَدْرج لتَسْجيلِ الصوت. رأسُ التَّسْجيل في المُسَجِّلةِ الڤيديويَّةِ يُمَغْنِطُ الشريطَ بطَريقةٍ مُثيلةٍ لِمُسَجِّلةِ الكاسيتات السَّمْعيَّة. والفارِقُ بينَهما هو أنَّ رأسَ التَّسْجيل في المُسَجِّلةِ الڤيديويَّة يَدورُ بينما الشريطُ يَمُرُّ فوقَه بزاويةٍ مُعَيَّنةٍ مُخَلِّفًا حُزوزًا قُطريَّةً مائلةً من المَعْلوماتِ المُسَجِّلةِ على الشريط.



الإرسَالُ والاستِقْبال

الكاميراتُ التلِفزيونيَّةُ ومُعَدَّاتُ التَّسْجيلِ الصوتيَّة تُجَمِّع الصُّورَ والأصواتَ في الاستوديُوهات التلِفزيونيَّة ومِن مَواقِعَ البَثِّ الخارجيَّة.

وتُبئِّرُ عَدسَةُ الكاميرا الضوءَ الوارِدَ على مُرَشِّحاتٍ تَقْسِمُ الصُّورةَ إلى مُقَوِّماتِها الزرقاءِ والخضراءِ والحمراء. هذه المُقَوِّماتُ تَسْطعُ على مِجَسَّاتٍ ضوئيَّةٍ تُسَمَّى نبائط الشِّحْناتِ المُقْتَرنة، التي يتواجَدُ ثلاثٌ منها، واحدةٌ لكُلِّ لَوْن؛ والتي تُحَوِّلُ الضوءَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة.

غالبًا تقومُ عِدَّةُ كاميراتٍ تلِفزيونيَّة بالتصوير في الوقتِ نفسِه - فيَنْتقي المشرِفون، في كُلِّ مرَّة، الصورةَ الأفضَلَ، وأحيانًا يُعالِجون الصُّورَ بِمُؤَثِّراتٍ خاصَّة.

المُرْسِلاتُ التلِفزيونيَّةُ تَبُثُّ الإشاراتِ التلِفزيونيَّةَ كأمواجٍ راديويَّة. فتَتَلَقَّى مَحطَّاتُ التَّرْحيلِ هذه الإشاراتِ وتُضَخِّمُها ثُمَّ تُعيدُ إرسالَها لِتُغَطِّي جَماعاتِ المُشاهدين في مناطِقَ جُغْرافيَّةٍ شاسِعَة. ومَحطَّاتُ التَّرْحيلِ هذه يُمكِنُ أنْ تكونَ أرضيَّةً أو على سواتِلَ أرضيَّةِ الاستِقْرار. المُستَقْبِلاتُ التلِفزيونيَّةُ تَسْتَخْدِمُ عادةً هوائيَّاتٍ لِتَجْميعِ الإشاراتِ من المُرْسِلِ أو من مُرَحِّلٍ على الأرض. وبعضُها يَسْتَخْدِمُ أطباقًا (صُحونًا) ساتِليَّةً صغيرةً لِتَلَقِّي الإشاراتِ من مُرْسِلاتٍ على السَّواتِل. والبعضُ الآخَرُ يَتَلَقَّى الإشاراتِ عَبْرَ كُبُولٍ تحت أرضيَّة تأتيها الإشاراتُ من مَحطَّاتٍ تلِفزيونيَّةٍ مَحَلِّيَّةٍ أو من هوائيٍّ جَماعيّ.

التَّسْجيلُ الڤيدْيُويّ

عامَ 1969، صَنَّعتْ شركةُ صُوني أُولى مُسَجِّلاتِ الكاسيتات الڤيدْيُويَّة - التي تُسَجِّلُ الإشاراتِ التلِفزيونيَّةَ والصوتيَّةَ على أشْرطةٍ مِغْنَطيسيَّة.

مُسَجِّلةُ التَّصوير الڤيديويّ تَجْمَعُ الكاميرا الڤيدْيُويَّةَ والمِكْروفونَ مع مُسَجِّلةِ الكاسيتات الڤيديُويّة. ومُسَجِّلةُ الكاسيتات الڤيدْيُويَّة تُسَجِّلُ الإشاراتِ الصُّوَريَّة والصوتيَّةَ مباشرةً عِند حُصولها. ويُمكِنُ استِعادةُ التَّسْجيلِ على شاشةِ العَرْضِ البِلَّوريِّ السَّائليّ للكاميرا أو عَبْرَ جِهازِ تِلِفازٍ عاديّ.



تَخْتزِنُ مُسَجِّلةُ الكاسيتات الڤيدْيُويَّة الأطوالَ الڤيديُويَّةَ على أشرطةٍ - بعضُها صغيرٌ بحيثُ لا يتجاوز سَعَةَ راحةِ اليَد.



كاميراتُ البَثِّ التلِفزيونيّ الخارجيّ تُوَصَّلُ عبْرَ إشاراتٍ راديويَّةٍ بِمُرْسِلٍ يَنْقُلُ الإشاراتِ التي تُمَثِّلُ الصُّورَ والأصواتَ إلى استُوديو التلِفزيون.

أنظُر أيضًا

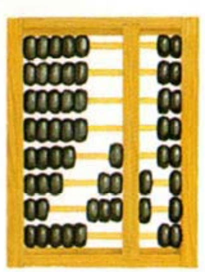
الألوان ص 272 – 273
مَزْجُ الألوان ص 274 – 275
الاتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367

النُّظُمُ النَّظيريَّةُ والرَّقْميَّة

الإشاراتُ النَّظيريَّة تُمَثِّلُ المَعْلوماتِ كمدًى مُسْتَمِرٍّ مُتَواصِلٍ من القِيَم، فيما الإشاراتُ الرَّقميَّةُ تَسْتَخْدِمُ قِيَمًا مُتَدَرِّجةً أو مُتَفَرِّدةً غيْرَ مُتَرابطة.



عقاربُ وَجْه السَّاعة قد تَتَّخِذُ أيًّا من عَددٍ لامُتَناهٍ من المَواقِع – فهي تَعْرِضُ الوقتَ في شَكْلٍ نَظيريّ. لكِنَّ الأَرْقامَ في عَرْضٍ بِلَّوريٍّ سائليّ تُبَيِّنُ مدًى مُحَدَّدًا من القِيَم – فهي تَعْرِضُ الوقتَ في شَكْلٍ رَقْميّ.



المِعْدادُ شَكْلٌ قديمٌ من الحاسِبات. فقد استُخْدِم في الصِّين منذُ حوالى العام 5000 ق.م. وكُلُّ صَفٍّ من كُرَيَّاتِه يُمَثِّلُ عددًا صَحيحًا.

الكمِّيَّاتُ النَّظيريَّةُ (القِياسيَّةُ) ذاتُ مدًى مُستمِرٍّ مُتواصِلٍ من القِيَم. فقِياسُ درجاتِ الحرارة نَظيريٌّ لأنَّه قد يَتَّخِذُ أيًّا من عَددٍ لامُتَناهٍ من القِيَم.

أمَّا الكمِّيَّاتُ الرَّقْميَّةُ فهي ذاتُ مَجْموعةٍ ثابِتةٍ من القِيَمِ ضِمْنَ مدًى مُعَيَّن. فالمِعْدادُ شَكْلٌ أساسيٌّ من نِظامٍ رَقْميّ حيثُ يُمكِنُه تَمثيلُ أعدادٍ صَحيحةٍ فقَطْ.

الإشاراتُ الكهربائيَّةُ يُمكِنُ أنْ تكونَ نَظيريَّةً أو رَقْميَّةً، لأنَّ تيَّارَها قد يَرْتفِعُ أو يَهْبِطُ بطريقةٍ نَظيريَّةٍ سَلِسَةٍ، أو فجْأةً في نَبَضاتٍ رَقْميَّةٍ مُتَدَرِّجة.

يُمكِنُ استِخْدامُ شِدَّةِ نَبْضةٍ تيَّاريَّة أو سَعَتِها لِتَمْثيلِ عَددٍ مّا. كما يُمكِنُ استِخْدامُ سِلْسِلةٍ من النَّبَضاتِ لِتَرميزِ أنماطٍ مُنَوَّعةٍ من المُعْطَياتِ، كالصَّوتِ أو الصُّوَرِ أو النَّصّ.

البِتَّاتُ والبايْتات



حاسِباتُ الجَيْب تَسْتَخْدِمُ الإلكترونيَّاتِ الرَّقْميَّةَ لإجراءِ العَمليَّات الحسابيَّة. وهي قد أُنزِلَتْ إلى الأَسواق منذُ أوائلِ سَبْعينيَّات القَرْن العِشْرين. والحاسِباتُ الحديثةُ قد تُقارِب في نَحافتِها سُمْكَ بِطاقةِ الاعتِماد.

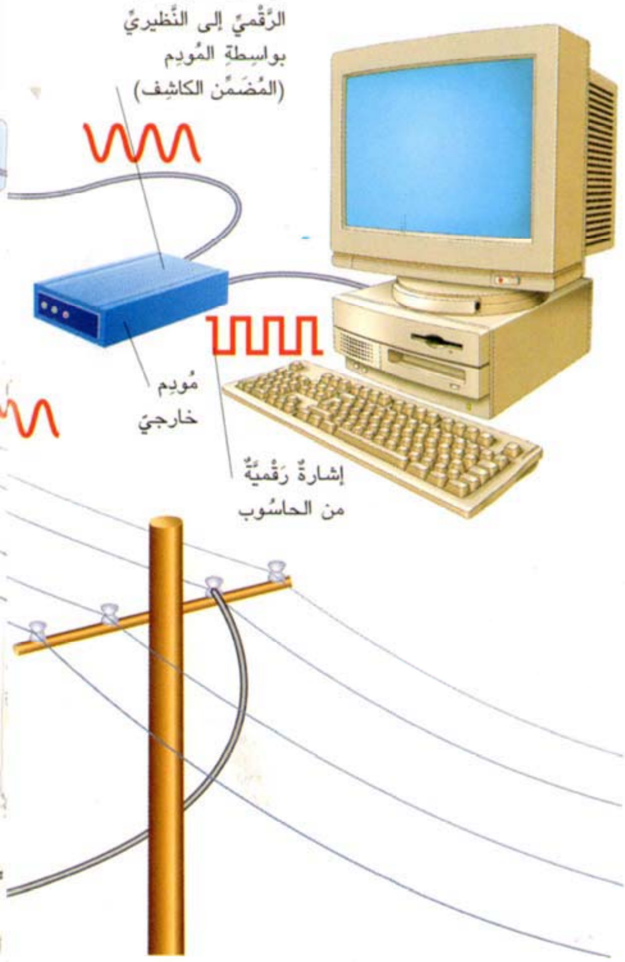
الحواسيبُ تَخْتَزِنُ مُختلفَ المُعْطَياتِ والبيَانات وتُعالِجُها في شَكْلِ أرْقامٍ ثُنائيَّةٍ تُسَمَّى بِتَّات. الترقيمُ الثُّنائيُّ يَسْتَخدِمُ الرَّقْمَيْن صِفْر (0) وواحد (1). فكُلُّ بِتٍّ مُفْردٍ يُمكِنُ تَقْييمُه بالرَّقْم «1» أو بالصِّفْر «0».

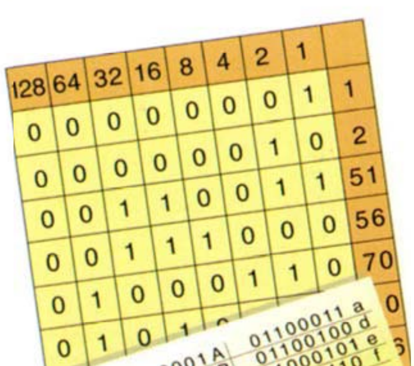
فالرَّقْمان «1» وَ«0» قد يُمَثِّلان الصَّح والخَطأ، أو نَعَمْ وَلا، أو «الوَصْل والقَطْع»، أو قد يكونان جُزْءًا من توليفةٍ تُمَثِّلُ عددًا ثُنائيًّا أكبَرَ.

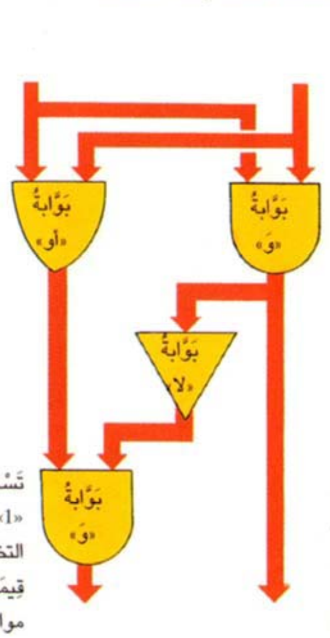
ويتألَّفُ البايْتُ من ثمانيةِ بِتَّات؛ وقد يُمَثِّلُ أيَّ عَددٍ من «0» إلى «255» على شَكْلِ تَرْميزٍ ثُنائيّ.

يُمكِنُ مُعالَجةُ البِتَّاتِ بِمَقاليدَ (مفاتيح) إلكترونيَّةٍ تُسَمَّى بَوَّاباتٍ مَنْطِقيَّة. وتُحَدِّدُ هذه البوَّاباتُ قِيَمَها تَبَعًا لِظُروفٍ مُعَيَّنةٍ واختِباراتٍ مَنْطِقيَّة.

فالقِيَمُ الـ 256 لِبايْتٍ مُفْرِدٍ، مثلًا، قد تُمَثِّلُ كُلَّ المَفاتيح على لَوحةِ المفاتيح حَسَبَ شَفْرةِ المَدْونةِ الأمريكيَّة لِتَبادُلِ المَعْلومات «ASCII». وقد تُمَثِّلُ أيضًا أيًّا من الـ 256 لَونًا في انتِقاءٍ مُحَدَّد.







تَسْتَخْدِمُ البَوَّاباتُ المَنْطِقيَّةُ مَقاليدَ تَتحَكَّمُ بِسَرَيانِ التيَّارِ الكهربائيّ. فالرَّقْمُ «1» «صح» والصِّفْر «0» «خطأ». والأعمدةُ في النِّظامِ الثُّنائيّ تحمِلُ القِيَمَ التضاعُفِيَّة 1, 2, 4, 8, 16, 32، وهكذا دَواليك. فالعَدَدُ الثُّنائيُّ 111 يُساوي قِيمَةَ «الوَصْل» في كُلٍّ من الأعمدة 1 وَ 2 وَ 4. وجَمْعُ هذه القِيَمِ حسَب مواقعِها (1 + 2 + 4) يُساوي العدد 7 في النِّظامِ العَشْريّ.

فما مجموعهُ 1024 بَايْت (قيمةُ المَنْزِلَة في العَمود الثامن) يُساوي كيلو بايْت (KB)، بينما الـ 1024 كيلو بايْت تُساوي ميغا بايْت (MB)؛ والجِيْجَا بايْت (GB) تُمَثِّلُ 1024 ميغا بايْت.

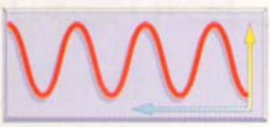
التَّحْويلُ من نِظامٍ إلى آخَر

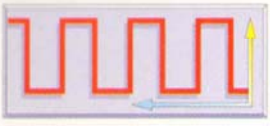
تُسْتَخْدمُ نَبائطُ التحويل من النَّظيريِّ إلى الرَّقْميِّ لِتَحْويلِ الإشاراتِ النَّظيريَّة (القِياسيَّة) إلى رَقْميَّة.

ويَقيسُ المُحَوِّلُ من النَّظيريِّ إلى الرَّقْميِّ قِيمَةَ الإشارةِ النَّظيريَّةِ على مُعَدَّلٍ يُسَمَّى مُعَدَّلَ انتِقاءِ العَيِّنات. ثُمَّ يُعَبِّرُ عن القِيمةِ العَدديَّةِ لِكُلِّ عَيِّنةٍ بِشَكْلٍ رَقْميٍّ قد يَكونُ، مثلًا، عددًا من النَّبَضَات. ويُمكِنُ مُعالَجةُ دَفْقِ القِيَمِ الرَّقْميَّة من المُحَوِّل النَّظيريِّ إلى الرَّقْميِّ بالدَّاراتِ المَنْطِقيَّةِ للحاسُوب.

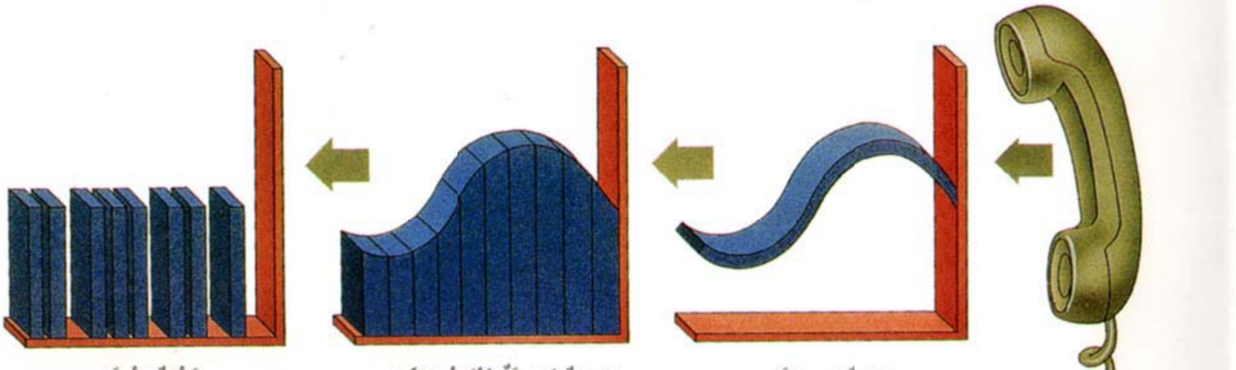
الإشاراتُ الرَّقْميَّةُ تنقُلُ المَعْلوماتِ بدِقَّةٍ بالِغةٍ – حيثُ إنَّ حَلَّ شَفْرة نَبَضاتِها يَظَلُّ مُمكِنًا حتّى ولو كانت الإشارةُ مُشَوَّهةً قليلًا. المُحَوِّلاتُ من الرَّقْميِّ إلى النَّظيريِّ تَقومُ بِعَكْسِ ما تُؤدِّيه المُحَوِّلاتُ من النَّظيريِّ إلى الرَّقْميِّ. فهي تَحُلُّ شَفْرةَ المُعْطَياتِ الرَّقْميَّةِ وتُنتِجُ إشاراتٍ نَظيريَّةً سَلِسَة.

أحدُ استِخْداماتِ المُحَوِّلات من الرَّقْميِّ إلى النَّظيريِّ هو في مِعزَفاتِ الأقراصِ المُدْمَجة، حيثُ تُحَوِّلُ المِعْزَفاتُ المَعْلوماتِ الرَّقْميَّةَ إلى إشاراتٍ صَوتيَّة.





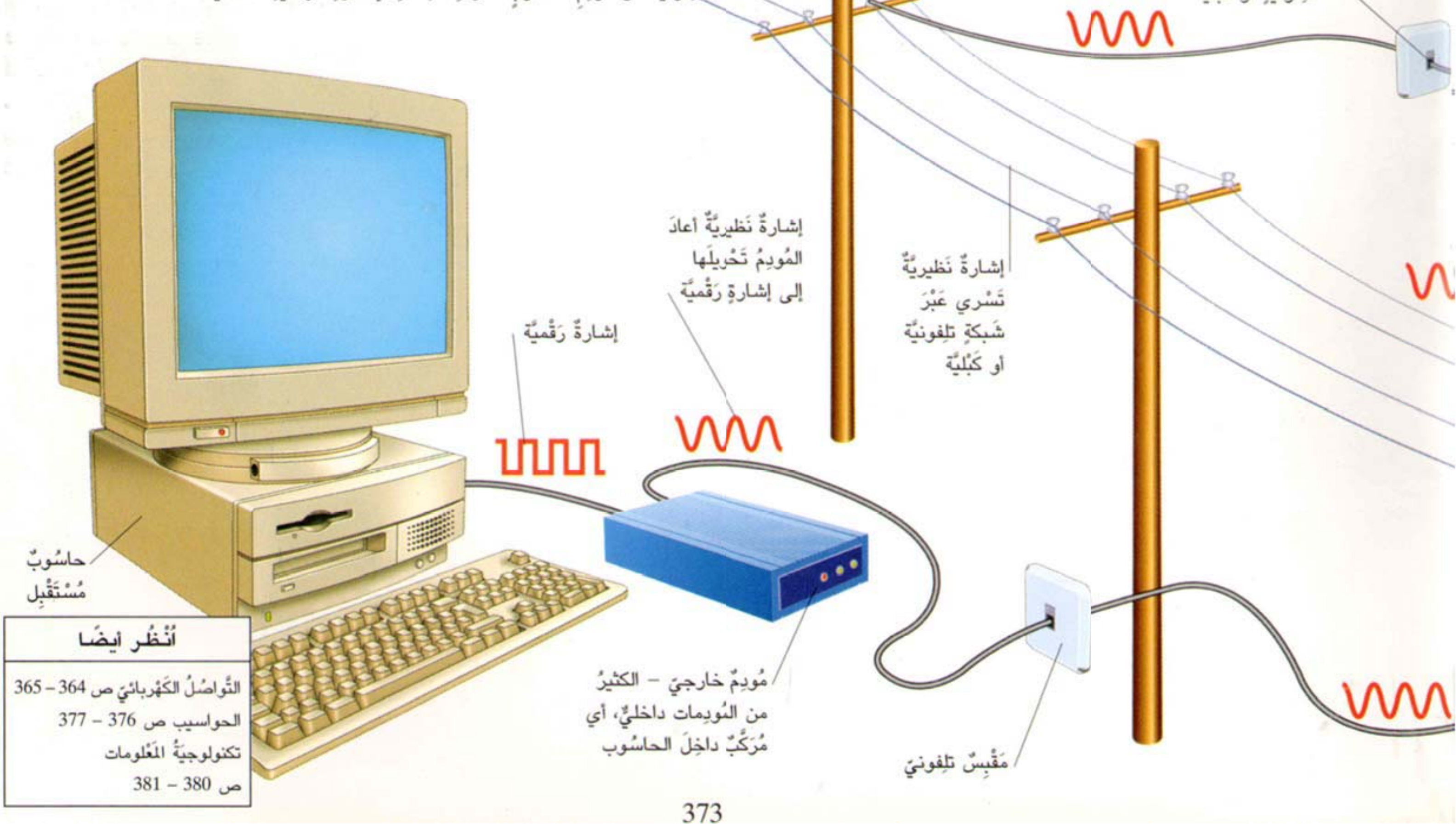
الإشارةُ النَّظيريَّةُ الكهربائيَّةُ هي مَوْجةٌ مُسْتَمِرَّةٌ من التَّراوُحاتِ السَّلِسَة. أمَّا الإشارةُ الرَّقْميَّةُ فتَتالَّفُ من تَدَرُّجاتٍ أو نَبَضاتٍ مُتفرِّدةٍ مُنْفَصِلة.



الإشاراتُ النَّظيريَّةُ من هاتفٍ (تلِفون) يُمكِنُ تحويلُها إلى سِلْسِلةٍ من النَّبَضاتِ الرَّقْميَّة. فبهذا الشَّكْل، تَقِلُّ احتِماليَّةُ تحَوُّلِ الإشاراتِ إلى إشاراتٍ مُشَوَّهَةٍ أو ضَجيجيَّة. ولِسَماعِ الصَّوت، يُعادُ تحويلُ الإشاراتِ الرَّقْميَّةِ إلى إشاراتٍ نَظيريَّةٍ في المُسْتَقْبِل.

كيفَ يَعْمَلُ المُودِم (المُضَمِّن الكاشِف)

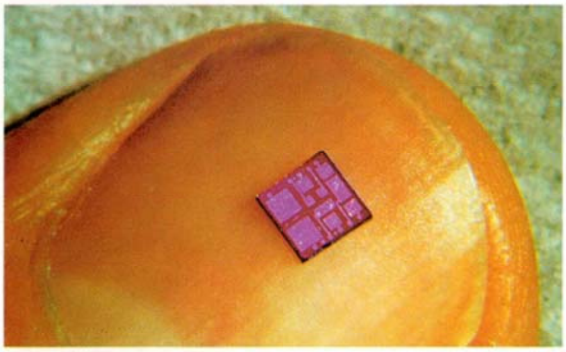
المُودِم يُضَمِّنُ، أو يُعَدِّلُ، الإشارةَ الرَّقْميَّةَ من الحاسُوب إلى إشارةٍ نَظيريَّةٍ يُمكِنُ أن تَنْتَقِلَ عَبْرَ خَطٍّ تلِفونيٍّ عاديّ. ويُمكِنُ أن تَقُومَ النَّبيطةُ نَفْسُها بِفَكِّ تَضْمينِ الإشارةِ النَّظيريَّةِ التلِفونيَّة من مُودِمِ حاسُوبٍ آخَرَ لاسْتِعادةِ الإشارةِ الرَّقْميَّةِ الأَصليَّة.



أُنْظُر أيضًا
التَّواصُلُ الكَهْربائيّ ص 364 – 365
الحواسيب ص 376 – 377
تكنولوجيَةُ المَعْلومات ص 380 – 381

المُعالِجاتُ الصُّغْرِيَّة

تَتألَّفُ المُعالِجاتُ الصُّغْرِيَّةُ من آلافِ الدَّارات الإلكترونيَّةِ المُنَمَّشَةِ على رَقائقَ سِليكونيَّةٍ دَقيقة. وهي تُسْتَخْدَمُ للتحكُّمِ في النبائطِ الكهربائيَّةِ والإلكترونيَّة.

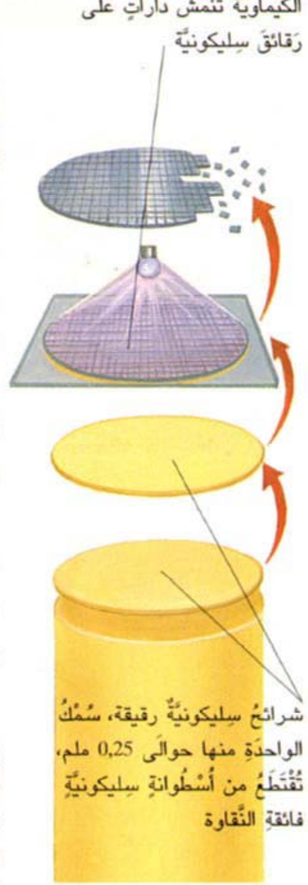


الدَّارةُ المُتكامِلةُ على رُقاقةٍ سِليكونيَّةٍ دَقيقةٍ قد تَحوي آلافَ المَقاليدِ والمُقَوِّماتِ الأُخرى.

النبائطُ الإلكترونيَّةُ الحديثَةُ تَسْتَخْدِمُ صَفائفَ مَديدةً من الدَّاراتِ والمَقاليدِ لإجراءِ الاختِباراتِ المَنْطِقيَّةِ والتَّعْديلاتِ والحِساباتِ على الإشاراتِ الكهربائيَّة. وتَرِدُ إشاراتُ الدَّخْلِ من مِجَسَّاتٍ ضِمْنَ النَّبيطة، كمِجَسٍّ درجاتِ الحرارةِ في مَكِنةِ الغَسيلِ الكهربائيَّة. أمَّا إشاراتُ الخَرْجِ فهي تَعْليماتٌ تَتَحَكَّمُ في نبائطَ كالمُحَرِّكاتِ والعُروضِ وأجهزةِ الإنْذارِ السَّمْعيِّ.

كانت الصِّماماتُ الخَوائيَّةُ فقَط هي المَقاليدَ الإلكترونيَّةَ المُتاحةَ حتَّى الأربعينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين. وكانت كبيرةً لا يُعَوَّلُ على مَوثوقيَّتِها غالِبًا. ثُمَّ، في العام 1948، طَوَّرَ فريقٌ من المُهَنْدسينَ في مُخْتبراتِ بِل التلِفونيَّة ترانزِسْتُوراتٍ شِبْهَ مُوَصِّلةٍ يُمكِنُها الحلولُ، في مَجالاتٍ عديدةٍ، مَحَلَّ الصِّماماتِ الخَوائيَّةِ الأكبَرِ منها بكثير.

وبِحُلولِ السِّتِّينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين، كانت الترانزِسْتُوراتُ قد حَلَّتْ محلَّ الصِّماماتِ الخَوائيَّةِ في العَديدِ من السِّلَعِ الكهربائيَّة – بِخاصَّةٍ في الراديواتِ النَّقُولة (المَحْمُولَة).



الحَفْرُ الفُوتُوغرافيُّ والعَمَليَّاتُ الكيماويَّةُ تُنَمِّشُ داراتٍ على رَقائقَ سِليكونيَّة

شرائحُ سِليكونيَّةٌ رقيقة، سُمْكُ الواحدةِ منها حوالَى 0,25 ملم، تُقْتَطَعُ من أُسْطُوانةٍ سِليكونيَّةٍ فائقةِ النَّقاوة

▲ يَبْدأُ تَصْنيعُ الرَّقائقِ السِّليكونيَّةِ الدَّقيقة بقَضيبٍ من السِّليكون النَّقيِّ الذي قد يَبْلُغُ قُطْرُه عِدَّةَ سَنْتيمترات. فيُقَطَّعُ القَضيبُ إلى شرائحَ حَلَقيَّةٍ رَقيقةٍ، لا تَزيدُ ثَخانتُها غالبًا على 0,25 ملم. وتُنَمَّشُ مئاتُ الدَّاراتِ المُتكامِلةِ في سَطْحِ كُلِّ شَريحة. ثُمَّ تُقَسَّمُ الشَّرائحُ إلى مئاتِ الرَّقائقِ الدَّقيقةِ التي تَحْمِلُ كُلٌّ منها دارةً مُتَكامِلةً كامِلةً.

الرَّقائقُ السِّليكونيَّة

في السِّتِّينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين، تقَدَّمَت تِقنيَّاتُ تَصْغير الدَّارات، التي كانت قد بدأَتْ بالتحَوُّل من الصِّماماتِ الخَوائيَّةِ إلى الترانزِسْتُورات، خُطْوةً كبيرةً إلى الأمام باختِراعِ



وَحْدةُ الإجْتِلابِ المُسْبَق تُرَتِّبُ التَّعليماتِ في تَتابُعٍ كي تقومَ وَحْدةُ حَلِّ الشَّفْرات بتَرْجَمَتِها. وهي تَطْلُبُ هذه التعليمات من وَحْدةِ النَّقْلِ العموميِّ البَيْنيَّة.

وَحْدةُ حَلِّ الشَّفْرات تُحَوِّلُ المُعْطَياتِ الوارِدةَ إلى شَكْلٍ تَسْتطيعُ وَحْدةُ التَّنْفيذ مُعالَجتَه.

السِّجلَّاتُ مَخْزوناتٌ ذاكِريَّةٌ مُؤَقَّتة. وهي تَضُمُّ المُعْطَياتِ للعَمليَّاتِ والحِساباتِ أثناءَ إجرائها.

وَحْدةُ اختِبارِ الوقايَةِ تتحَقَّقُ من أنَّ التَّعْليماتِ والحِساباتِ خاليةٌ من الأخطاء.

مُصْطلَحُ «وَحْدة تَنْفيذ» هو الإسمُ الجَماعيُّ لوَحْدة المَنْطِق الحِسابيّ ووَحدةِ التحَكُّم والسِّجلَّاتِ ووَحْدةِ اختِبار الوِقاية.

الدَّاراتِ المُتَكامِلَة. فالدَّاراتُ المُتكامِلَةُ تَحوي جميعَ المُوَصِّلاتِ والترانزِسْتُورات على سَطْحِ رُقاقةٍ سِليكونيَّةٍ دَقيقة.

تُنْتَجُ الدَّاراتُ المُتكامِلَةُ بِتَخْليقِ مَساراتٍ مُوَصِّلةٍ من السِّليكون السَّلْبيِّ النَّمَط «س» والمُوجِبيِّ النَّمَط «م». وتُحاطُ هذه المَساراتُ المُوَصِّلةُ بِقَنَواتٍ من ثاني أُكسيد السِّليكون العازِلِ تَمْنَعُ حُصُولَ داراتِ قِصَرٍ بين المُوَصِّلات.

وبِفَضْلِ التقَدُّمِ المُتَسارِعِ في التكنولوجية، يُمكِنُ حاليًّا تَصْنيعُ الدَّاراتِ المُتكامِلَةِ المُتَضَمِّنَةِ آلاف الترانزِسْتورات، في مِساحةٍ لا تَزيدُ إلَّا قليلًا على سَنْتيمترٍ مُرَبَّعٍ من السِّليكون.

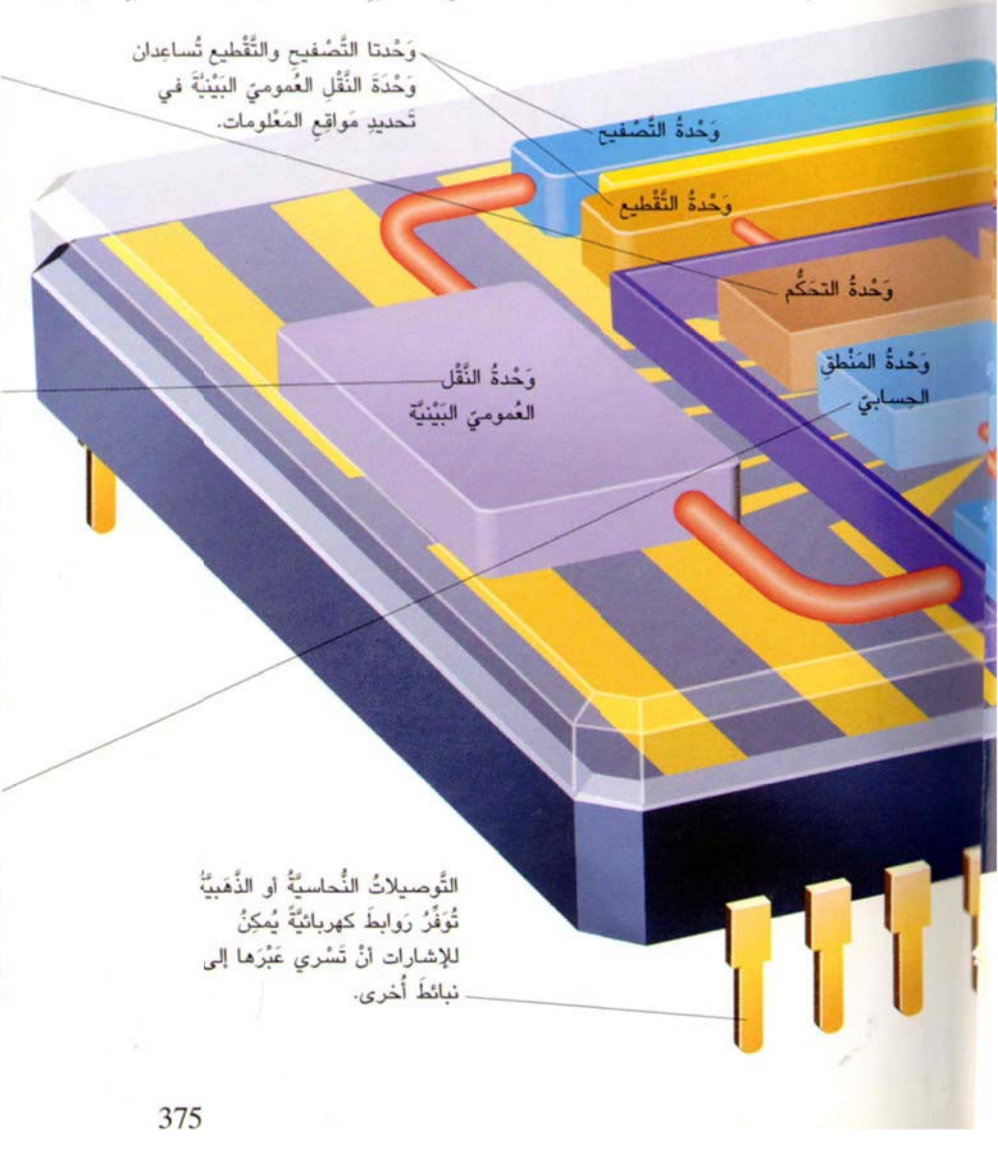


المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ هي نَبائطُ التحَكُّمِ في الألعاب الحاسُوبيَّة. هذان اللَّاعبان مُنْشَغِلان في مُحاكاةِ مُلاكَمَةٍ ثُنائيَّةٍ في حَلْبَةٍ تَسْلِيَة.

تأثيرُ المُعالِجاتِ الصُّغْريَّة

المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ مَجْموعاتٌ من الرَّقائق السِّليكونيَّة تُجري حِساباتٍ وتَتَّخِذُ قراراتٍ في نبائطَ إلكترونيَّة.

المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ البَسيطةُ تتحَكَّمُ في عَمَلِ السَّاعاتِ الرَّقْميَّةِ؛ وكذلك في مَكِناتِ الغَسيل وأجهزَةٍ كهربائيَّةٍ أُخرى. وتُسْتَخْدَمُ المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ الأكثَرُ تَعْقيدًا في صَميمِ الحواسيب الحَقيبيَّةِ الشخصيَّة وفي مَنْظوماتِ التحَكُّمِ في السَّوائل والطائرات. ولو أنَّ هذه التِّقاناتِ استَخْدَمَت الصِّماماتِ الخَوائيَّةَ بدَلًا من المُعالِجاتِ الصُّغْريَّة، لكان الحاسوبُ الحَقيبيُّ يملأُ بِركةَ سِباحة، ولكانَتِ الطائراتُ الراديويَّةُ التحَكُّمِ أثْقَلَ من أن تُقْلِعَ عن سَطْحِ الأرض.



وَحْدتا التَّصفيح والتَّقْطيع تُساعِدان وَحْدَةَ النَّقْلِ العُموميّ البَيْنيَّةَ في تَحديدِ مَواقِعِ المَعْلومات.

وَحْدةُ التحَكُّم تُصْدِرُ تَعْليماتٍ إلى أجزاءٍ أُخرى من وَحْدةِ التَّنْفيذ لِتَجْمَعَ المُعْطَياتِ وتُجري الحِساباتِ وتَخْتَزِنَ النتائج. كما تُصْدِرُ أيضًا تَعْليماتٍ لإرسالِ المَعْلوماتِ عَبْرَ وَحْدةِ النَّقْلِ العُموميّ البَيْنيَّةِ إلى ذاكِرَةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ (RAM).

وَحْدةُ النَّقْلِ العموميّ البَيْنيَّةُ تَتَحَكَّمُ في الرَّوابِطِ بين المُعالِجِ الصُّغْريّ والمُقَوِّماتِ الأُخرى. وهي، في الحاسُوب، تُديرُ أيضًا حَرَكَةَ المَعْلوماتِ بينَ مُقَوِّماتِ المُعالِجِ الصُّغْريّ وبين نبائطِ تَخْزينٍ ذاكريَّةٍ كرَقائقِ ذاكرةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ – فهذه الذاكرةُ لَيْسَت جُزْءًا من المُعالِجِ الصُّغْريّ.

مَجْموعةُ الدَّاراتِ في وَحْدةِ المَنْطِق الحِسابيّ (ALU) تَقومُ بأداءِ حِساباتِ المُعالِجِ الصُّغْريّ. ويُهايأ كثيرٌ من المُعالِجاتِ بِمُعالِجاتٍ حسابيَّةٍ تكامُليَّةٍ إضافيَّةٍ مُساعِدة بإمكانِها مُعالَجةُ الرِّياضيَّاتِ المُعَقَّدةِ بِسُرْعة.

التَّوصيلاتُ النُّحاسيَّةُ أو الذَّهَبيَّةُ تُوَفِّرُ رَوابِطَ كهربائيَّةً يُمكِنُ للإشاراتِ أنْ تَسْري عَبْرَها إلى نبائطَ أُخرى.

المُخَطَّطُ التجسيديُّ لِمُعالِجٍ صُغْريٍّ يُسَمَّى هَنْدَسَته البِنائيَّة. ورُغْمَ تَواجُدِ الكثيرِ من أنماط هذه الهندسة، فإنَّ جميعَ المُعالِجاتِ الصُّغْريَّةِ تعمَلُ بطريقةٍ مُماثِلَة. فهي تأخذُ التَّعْليماتِ والمُعْطَياتِ من الذَّاكِرة. وتَتَناوَلُ وَحَداتٌ في المُعالِجِ الصُّغْريّ المَعْلوماتِ الوارِدةَ وتَصُفُّها بالتَّتابُعِ وتَتَحَكَّمُ فيها. وتعمَلُ وَحْدةُ تَنْفيذٍ على تَفَحُّصِ وتَنْفيذِ ما يَنْبَغي عمَلُه، ثُمَّ تُمَرِّرُ النتائجَ والتَّعْليماتِ إلى المَرْحلةِ التالية. المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ تَرْتَبِطُ عادةً برَقائقِ ذاكرةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ، التي تَخْتَزِنُ المُعْطَيات. وتَرْتَبِطُ أيضًا برقائقَ بين سَطْحِيَّةٍ تَتَحَكَّمُ في أجزاءٍ أُخرى من مَكِنَةٍ كلَوحاتِ مَفاتيحَ أو مِرْقَباتٍ أو مُحَرِّكاتٍ أو أذْرُعٍ روبوتيَّة.

أُنْظُر أيضًا

الحَواسيب

تَسْتَخْدِمُ الحواسيبُ مُعالِجاتٍ صُغْرِيَّةً لِمُعالَجةِ المَعْلوماتِ والبَياناتِ وَفْقًا لِمَجْموعاتٍ من التَّعْليمات. وهي تُسْتَخْدَمُ في مُهِمَّاتٍ عديدةٍ في التَّعليم والعَمَلِ والتَّسليةِ في أَوْقاتِ الفَراغ.



أَنْجزَ الرياضيُّ البريطانيُّ شارل باباج (1792 - 1871) مَكِنةَ الفُروق رقم 1 البِدائيَّةَ في ثلاثينيَّاتِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر. وكانت قد صُمِّمَتْ لِاحتِسابِ الجَداولِ الرياضيَّةِ ميكانيكيًّا.



المُكامِلُ والحَاسِبُ الرَّقْميُّ الإلكترونيُّ الأوَّلُ (إنْياك)، الذي أُنجِزَ عام 1946 في جامعة بِنسلڤانيا، استَخْدَمَ 18 000 صِمامٍ خوائيٍّ كمَقاليد.

الحاسوبُ الحديثُ يُمكِنُه القِيامُ بِملايين العمليَّات الحِسابيَّة في ثانيةٍ واحدة. فمُسْتَخْدِمُ الحاسوبِ يُزَوِّدُه بالعمليَّاتِ المطلوبِ أداؤها - فيُنَفِّذُها الحاسوبُ وَفْقًا لِقواعدِ بَرامجيَّاتِه. تُعالِجُ الحواسيبُ المَعْلوماتِ كإشاراتٍ كهربائيَّة، وتُعْرَضُ النتائجُ غالبًا على شاشةِ الحاسُوب أو تُقَدَّمُ كوَثيقةٍ مَطْبوعة.

الحاسوبُ الإلكترونيُّ الأوَّلُ صُنِعَ في بريطانيا عام 1943. فكان أوَّلَ مَكِنةٍ من عَشْرِ مَكِناتٍ عِملاقةٍ استُخْدِمَتْ فيها الصِّماماتُ الخَوائيَّةُ كمَقاليدَ إلكترونيَّة. وتاليًا، عام 1946، أُنجِزَ في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة الحاسِبُ الرقميُّ الإلكترونيُّ الأوَّل إنْياك. وقد استُخْدِمَتْ هذه الحواسيبُ الأوَّليَّةُ في أَتْمَتَةِ الحِساباتِ العِلْميَّة.

ومُنْذُ سَبْعينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، بدأتِ الحواسيبُ تَسْتَخْدِمُ داراتٍ مُتَكامِلَةً لإجراءِ الحِساباتِ وتَخْزينِ المَعْلومات. وبفَضْلِ التقدُّمِ الذي حصَلَ في مجالِ الدَّاراتِ المُتكامِلَةِ أَمْكَنَ الحصُولُ على مُعالِجاتٍ صُغْرِيَّةٍ ونبائطَ ذاكريَّةٍ مُدْمَجةٍ بالغةِ القُوَّة. فصار بِمَقْدور الحاسوبِ المَنْزليِّ الحديثِ إنتاجُ الرسُومِ المُتَحرِّكةِ والتَّصاميمِ المُجَسَّمةِ (الثُّلاثيَّةِ الأَبْعاد) التي كان إنجازُها فيما مَضَى مَقْصورًا على الحواسيبِ الضَّخْمة.

وقد أوجَدتْ نبائطُ تَفريسِ (مَسْحِ) الصُّوَرِ والطَّابعاتُ اللونيَّةُ والكاميراتُ الرَّقْميَّةُ والبطاقاتُ الصوتيَّةُ مَجالاتِ استِخْدامٍ جديدةً للحواسيب شَمَلَتْ بَرامجَ الطِّباعةِ والنَّشْرِ المكتبيِّ وتحريرَ الصُّوَرِ واصطِناعَ النُّطق.



الحواسيبُ في سِتِّينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، التي كانت بحَجْمِ غُرفةٍ كبيرة استَخْدَمَتْ ألواحَ داراتٍ من الترانزِسْتورات لِأداءِ العمليَّاتِ الحِسابيَّة المُعَقَّدة.

مُقَوِّماتُ الحاسُوب

وَحْدةُ الحاسُوبِ الأساسيَّةُ تَحوي عددًا من ألواحِ الدَّاراتِ المَطْبوعة. اللَّوْحُ الرئيسيُّ، المُسَمَّى اللَّوْحَ الأُمّ، يَتَضَمَّنُ وَحْدةَ المُعالَجةِ المَرْكزيَّة وساعةَ الحاسُوب وذاكِرةَ النُّظُم. وَتَضُمُّ ذاكِرةُ الوُصولِ العَشْوائيّ (RAM) مُعْطَياتٍ وبَياناتٍ تَجري مُعالَجتُها. وبوَقْفِ عَمَلِ الحاسُوب تُمْحَى هذه البَياناتُ من ذاكِرةِ الوُصول العَشْوائيّ.



فارةُ الحاسُوب

فارةُ الحاسُوبِ هي نَبيطةُ إدخال؛ وتَحْريكُها عَبْرَ سَطْحٍ يُحَرِّكُ المُؤَشِّرَ على الشَّاشة. ويُمكِنُ إصْدارُ تَعْليماتٍ أُخرى باستِخْدامِ أَزْرارٍ على سَطْحِها العُلْويّ.



الحواسيبُ البَيْتِيَّةُ الأُولى، كحاسوب سِنْكلير (ZX81)، كانت حواسيبَ خفيضةَ النوعيَّةِ بحسَبِ المَعايير الحديثة. فقد كان حاسوبُ سِنكلير يَخْتَزِنُ البرامجَ بِبُطءٍ، وبشَكْلٍ لا يُرْكَنُ إليه، على أشرطةِ كاسيتات سَمْعيَّة. وتَقْتَصِرُ ذاكِرتُه الداخليَّة على كِيلو بايْتٍ واحدٍ فقَطْ.

دَواخِلُ الحاسُوب

جُزْءُ الحاسُوبِ الذي يُنَفِّذُ الحِساباتِ يُسَمَّى وَحْدةَ المُعالَجة المَرْكزيَّة. وتُخْتَزَنُ البَرامِجُ والمَعْلوماتُ في سَوَّاقةِ أقراصٍ صُلْبةٍ واحدة أو أكثرَ وفي ذاكِرةِ الوُصول العَشْوائيّ. ويُمكِنُ قِراءةُ المُعْطَيات والبَيانات من أقراصٍ مُدْمَجةٍ وأقراصٍ رَقْميَّةٍ مُتَعَدِّدةِ الاستِخْدامات. كذلك يُمكِنُ تخزينُ البَياناتِ أيضًا على أقراصٍ نَزُوعةٍ (يُمكِنُ نَزْعُها).

نَبائطُ الإدخال، كلَوحةِ المَفاتيح وفارةِ الحاسُوب وذِراعِ التحَكُّم، تُسْتَخْدَمُ في إدخالِ التَّعْليمات. وتُسْتَخْدَمُ نَبائطُ الإخراج، كالمِرْقابِ والطابعَةِ، لِعَرْضِ المَعْلوماتِ على الشَّاشة أو تَحْويلِها إلى نُسَخٍ مَطْبوعة.

نَبائطُ الشَّبكاتِ، كالمُوديمات وبطاقات الشبكةِ الرَّقْميَّة للخَدمات المُتكامِلة، تُتيحُ التواصُلَ بين حاسُوبٍ وآخَرَ عَبْرَ شَبكةٍ كَبْليَّةٍ أو هاتفيَّة. وتُسْتَخْدَمُ الكبُولُ التلفونيَّةُ للاتِّصالِ بالإنترنت عَبْرَ الحاسوبِ القائمِ بخَدمات الإنترنت.

ذاكِرةُ القِراءةِ فقَطْ (ROM) لا تُمْحَى عندَ وَقْفِ عَمَلِ الحاسُوب. هذه الذاكِرةُ تَتضَمَّنُ تَعْليماتٍ لِاسْتِئْنافِ عَمَلِ الحاسُوب عندَ إعادةِ تَشْغيلِه. مُعظَمُ المَعْلوماتِ في الحاسُوب تُخْتَزَنُ على أقراصٍ مِغْنَطيسيَّةٍ في سَوَّاقاتِ الأقراصِ الصُّلْبة فيه. الوَحْدةُ القاعديَّةُ تَحوي شُقوبًا تُرَكَّبُ فيها ألواحُ الدّاراتِ المُسَمَّاةِ بِطاقاتٍ. هذه البِطاقاتُ تَتَحَكَّمُ في الصَّوتِ والمُخَطَّطاتِ التصويريَّةِ وفي وَظائفِ الحاسُوبِ الأُخرى. وتُتيحُ الشُّقوبُ الاحتياطيَّةُ المُسَمَّاةُ شُقوبَ التوسُّع، إضافةَ بِطاقاتٍ إضافيَّةٍ لِتَعزيزِ إمكاناتِ الحاسُوب. وتُتيحُ بِطاقاتُ المُودِم (المُضَمِّن المُسْتَخْلِص) التَّواصُلَ بين الحواسيب عَبْرَ الخُطوطِ التلِفونيَّة. ويُمكِنُ تركيبُها في وَحدةِ القاعدة أو في مَبْيَتِها المُنْفَصِلِ الخاصّ.

أمّا شاشةُ المِرْقابِ ولَوْحةُ المَفاتيح وفأرةُ الحاسوب فَتُقْبَسُ في وَحْدةِ القاعدة – تمامًا كالطّابعاتِ والمَفاريسِ والنبائطِ الأُخرى. وهذه النبائطُ تُسَمَّى الأَجهِزَةَ المُحيطة.



الحواسيبُ الحَقيبيَّةُ تَحْشُدُ الكثيرَ من الإمكاناتِ الحاسُوبيَّةِ لِجهازٍ نَضَديٍّ في حَقيبةٍ صغيرةٍ نَقُولةٍ.



الحواسيبُ الرَّاحيَّةُ صَغيرةٌ بحَيْثُ يُمكِنُ استيعابُها في راحَةِ اليَد. ورُغْمَ صِغَرِها، فإنَّ الكثيرَ منها يسْتطيعُ تَشْغيلَ قاعدةِ بياناتٍ وبَرامجيَّات قَويَّةٍ لِمُعالَجةِ الكَلِمات. بعضُ الحواسيب الرَّاحيَّةِ يَستطيعُ الاتِّصالَ بالإنترنت عَبْرَ تَوصيلاتٍ تلِفونيَّةٍ خاصَّة.



الألواح
يُسَمَّى لَوْحُ الدّارةِ الرئيسيُّ عادةً اللَّوْحَ الأمّ. وهو يَضُمُّ وَحْدةَ المُعالَجةِ المَرْكزيَّة ورقائقَ الذاكِرة. كذلك تَسْتوعِبُ ألواحٌ أُخرى، تُسَمَّى بِطاقاتٍ، رَقائقَ ومُقَوِّماتٍ لِنبائطَ مُخْتلِفةٍ كالمودِمات والمُولِّفاتِ الصوتيَّة.

الشاشة
تَتألَّفُ الصُّورةُ على شاشَةِ مِرْقابِ الحاسُوب من آلافِ النُّقَطِ الدَّقيقة المُسَمَّاة عناصِرَ الصُّورة.





قُرْصٌ مَرِن
يُسْتَخْدَمُ القُرْصُ المَرِن لِتَخْزينِ المَعْلوماتِ ومُناقَلَتِها بينَ الحواسيب.

سَوَّاقةُ الأقراص الصُّلْبة
سَوَّاقاتُ الأقراصِ الصُّلْبة تَخْتزِنُ مَعْلوماتٍ على كُدْسَةٍ من الأقراصِ المِغْنَطيسيَّة.

لَوحةُ المفاتيح
كَبْسُ أحدِ مَفاتيحِ هذه اللَّوحة يُرْسِلُ إشارةً كهربائيَّةً إلى الحاسوب.

سَوّاقةُ الأقراصِ المُدْمَجَةِ والرَّقْميَّة
تَسْتطيعُ نبائطُ لِيْزَريَّةٌ قِراءَةَ المَعْلوماتِ من الأقراصِ المُدْمَجَةِ أو الرَّقْميَّةِ المُتعَدِّدة الاستِعْمالات. وبعضُ هذه السَّوّاقات يَسْتطيعُ أيضًا تَسْجيلَ المَعْلومات على أقراصٍ مُدْمَجَةٍ يُمكِنُ إعادةُ تَسْجيلِها.



مِكْروفون
يُمكِنُ تَسْجيلُ الأصْواتِ عَبْرَ مِكْروفونٍ وتَخْزينُها بِشَكْلٍ رَقْميّ.

ذِراعُ التحَكُّم
تُسْتَخْدَمُ أمثالُ هذه الذِّراع لِلتحَكُّمِ المُيَسَّرِ في الألعابِ الحاسوبيَّة.

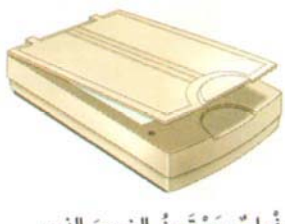


أُنْظُر أيضًا

بَرامِجُ بَرامجيَّات الحاسُوب
ص 378 – 379
تكْنولُوجيَةُ المَعْلومات
ص 380 – 381

بَرامِجُ بَرامجيَّات الحاسُوب

بَرامِجُ بَرامجيَّاتِ الحاسُوب مَجْموعاتٌ من التَّعْليماتِ التي تُمَكِّنُ الحاسُوبَ من أداءِ مُهِمَّاتِه. بعضُ هذه البرامجِ يَحْكُمُ أيضًا النبائطَ المُحيطة.



مِفْراسٌ يَسْتَبينُ الضوءَ الذي تَعْكِسُهُ الصُّورة. والبَرامجيَّاتُ تُحَوِّلُ الإشاراتِ من المِفْراسِ إلى صُورةٍ رَقْميَّة.

تَنْقَسِمُ مُقَوِّماتُ المَنْظومةِ الحاسُوبيَّةِ إلى فئتَيْن: العَتادِ والبَرامجيَّات. عَتادُ الحاسُوب يَشْمَلُ المُعَدَّاتِ الآليَّةَ للمَنْظومة. وتَشْمَلُ البَرامجيَّاتُ البَرامِجَ التي تُمَكِّنُ عَتادَ الحاسُوب من أداءِ وَظائفه.

تَسْتَهِلُّ البَرامجيَّاتُ الأُولى عَمَلَها عندَ وَصْلِ دارةِ الحاسُوبِ بِمَصْدرِ القُدرة. هذه البرامِجُ، المُسَمَّاة مِلَفَّاتِ التأهيل، تُفَصِّلُ للحاسُوبِ كيفيَّةَ البَدْءِ بالأداءِ وطرائقَ التحَكُّم بِمُقَوِّماتِه – فيما يُسَمَّى عمليَّةَ إنْهاضٍ أو تَبْدئة الحاسُوب. وتُخْتَزَنُ بَرامِجُ الإنهاضِ هذه في ذاكِرةِ القِراءَةِ فقَطْ «ROM».



البَرامجيَّاتُ في هذه الطابعةِ اللَّيْزَريَّةِ تُوَفِّرُ التَّعْليماتِ التي تَجْعَلُ الطابِعَةَ تُحَوِّلُ الصُّورةَ الرَّقْميَّةَ إلى نُسْخَةٍ مَطْبوعة من تِلكَ الصُّورة.

نُظُمُ تَشْغيلِ الحاسُوب هي البَرامجيَّاتُ التي تَحْكُمُ وتُنَظِّمُ الحاسوبَ والطريقةَ التي تَسْتَخْدِمُه بها بَرامِجُ أُخرى – وهي نُظُم تَشْغيلٍ مُنَوَّعة مثل دُوس (نظام تشغيل القُرص) وماك أُس (نظام تشغيل مكِنتوش) و«يُونكس» وَ«وِنْدوز». هذه النُّظُم تعمَلُ باستِمْرار ما دام الحاسوبُ مَوْصُولًا بالدَّارة الكهربائيَّة.

أمَّا جُزْءُ المَنْظومةِ الحاسُوبيَّة الذي يُتيحُ لِمُشَغِّلِ الحاسُوبِ إصدارَ التَّعْليماتِ والاطِّلاعَ على النتائج فيُسَمَّى بَيْنِيَّةَ المُشَغِّل. هذه البينيَّةُ تتألَّفُ عادةً من سِلْسِلةِ شاشاتٍ – كُلٌّ منها تُبَيِّنُ لائحةً من الخِيارات تُسَمَّى قائمةَ الخِيارات. ويُمكِنُ انتِقاءُ الخِيارِ المُرادِ بِدَقِّ الرَّقْم أو الحَرْفِ الذي يُمَثِّلُه على لَوْحةِ الإدخال. وعندَ انتِقاءِ الخِيار يُمكِنُ أن يُؤدِّي الحاسُوبُ مُهِمَّةً أو قد تُبَيِّن شاشةُ العَرْض قائمةَ خِياراتٍ أُخرى أو تَطْلُبُ مُدْخَلًا آخَر.



عَدَسَةُ الكاميرا الرَّقْميَّة تُبَئِّرُ الضَّوءَ على نَبائطَ شَحْنيَّة التقارُن تَتبَيَّنُ شِدَّةَ الضَّوء. وتُؤوِّلُ البَرامجيَّاتُ الإشاراتِ من هذه النبائط لإنتاجِ الصُّورةِ رَقْميًّا.



البَرامِجُ القويَّةُ التي تُضْفي الحركةَ على الرُّسوم تُتيحُ لِلْمُمَثِّلين مُخالَطَةَ المُؤَثِّراتِ المُوَلَّدةِ حاسُوبيًّا. وهذه التِّقانيَّاتُ استُخْدِمَتْ في الكثيرِ من الأفلام التي يُشارِكُ فيها المُمَثِّلونَ الرُّسومَ المُتحَرِّكة في سياقاتِها.

بَيْنِيَّاتُ المُشَغِّلِ التَّخْطيطيَّةُ تَسْتَخْدِمُ صُورًا صغيرةً لِتَمْثيلِ الخِيارات. هذه الصُّوَر، المُسَمَّاةُ أيْقُونات، تُخْتارُ غالِبًا بحيثُ تُقَدِّمُ دلالةً بَصَريَّةً عن ماهيَّةِ الخيار. فالأَيْقُونَةُ التي تَسْتَهِلُّ بَرنامجًا لِمُعالَجةِ الكَلِمات، مثلًا، قد تُبَيِّنُ قِطعةَ وَرَقٍ وقَلَمًا.

الخِياراتُ في بَيْنِيَّاتِ المُشَغِّلِ التَّخْطيطيَّةِ تُجْرَى بتَحْريكِ فأرةِ الحاسُوب على سَطْحٍ أو حَصيرٍ مِمَّا يَجْعَلُ المُؤَشِّرَ يَجُولُ عَبْرَ الشَّاشة. وعندما يُوَضَّعُ المُؤشِّرُ على خِيارٍ مُعَيَّن، فإنَّ طَقَّةً على فأرةِ الحاسُوب تُحَدِّدُ الانتِقاءَ المَطْلوب. بَعْضُ الحواسيبِ يَسْتَخْدِمُ كُرَةً مُدَرْجيَّة – كُرَةً تَدْرُجُ في وَقْبٍ – لِتَحْريكِ المُؤشِّر؛ وبَعضُها الآخَرُ يَسْتَجيبُ لأَوامِرَ صَوتيَّةٍ أو لِشاشَةِ مَسٍّ.



عندما يتِمُّ اختِزانُ الصورةِ الرَّقْميَّة من المِفْراسِ أو الكاميرا الرَّقْميَّةِ في الحاسوبِ يُمكِنُ استِخْدامُ برامجيَّاتٍ مُتَخَصِّصةٍ لِتَحْويلِها. فيُمكِنُ أن تقومَ هذا البَرامجيَّاتُ بتَغييرِ الألوانِ في الصُّورة أو تَحريفِها للحُصولِ على ظواهِرَ غَيْرِ مألوفة.



برامجيّاتُ النَّشْرِ النَّضَديّ تُتيحُ نَظْمَ مَواقِعِ الصُّوَرِ والنُّصوصِ على شاشةِ الحاسوب. ويُمكِنُ استِخْدامُ مِلَفِّ النَّشْرِ النَّضَديّ الناتِجِ لِطَبْعِ صَفَحاتِ كِتابٍ أو مَجلَّةٍ أو صَحيفة.

تَطْبيقاتٌ عامَّة

التَّطْبيقاتُ هي برامجُ تُمَكِّنُ مُشَغِّلَ الحاسوبِ من تأديةِ مُهِمَّاتٍ مُعَيَّنة. ومجموعةُ البرامجِ المُصَمَّمةُ للاستِخْدام معًا تُسَمَّى تَوليفةَ تَطْبيق. وقد تضُمُّ توليفةُ التَّطْبيقِ النَّموذجيِّ برنامجَ مُعالَجةِ الكَلِمات وَبرنامجَ قاعِدة البيانات، الذي يُنظِّمُ المَعْلومات، مع برنامجِ التَّخْطيطيَّاتِ الذي يُنْتِجُ الصُّوَر.

والمِلَفَّاتُ التي تُشَغِّلُ البرنامجَ تُخْتزَنُ عادةً على سَوَّاقةِ أقراص من الأقراص المُدْمَجةِ روم (ذاكِرة القراءَة فقط) أو من نَسَقٍ قُرصِيٍّ آخَر. ويُمكِنُ أحيانًا استِفْراغُ البرامج أو استِخْلاصُها من مَواقِعَ شبكيَّةٍ على الإنترنت.

مُعالَجةُ الكَلِماتِ هي أكثَرُ التَّطْبيقاتِ الفَرديَّة شُيوعًا للحواسيبِ الشخصيَّة. فباستِخْدامِ برنامجٍ لِمُعالَجةِ الكَلِماتِ يَسْتطيعُ مُشَغِّلُ الحاسوبِ إنتاجَ رسائلَ وتَقاريرَ ووَثائقَ أُخرى. كما يُمكِنُه اقتِطاعُ أو نَقْلُ أقْسامٍ من أحَدِ أجزاءِ وَثيقةٍ ثُمَّ لَصْقُها، أو إيلاجُها، في جُزْءٍ آخَرَ من الوثيقةِ نَفْسِها أو في جُزْءٍ من وثيقةٍ أُخرى. والكثيرُ من برامجِ مُعالَجةِ الكَلِمات يَحْوي أيضًا مُمَيِّزاتٍ وسائليَّةً يُمكِنُها تَدقيقُ التَّهْجئةِ وضَبْطُ قواعِدِ اللُّغةِ الأساسيَّةِ في وَثيقة.

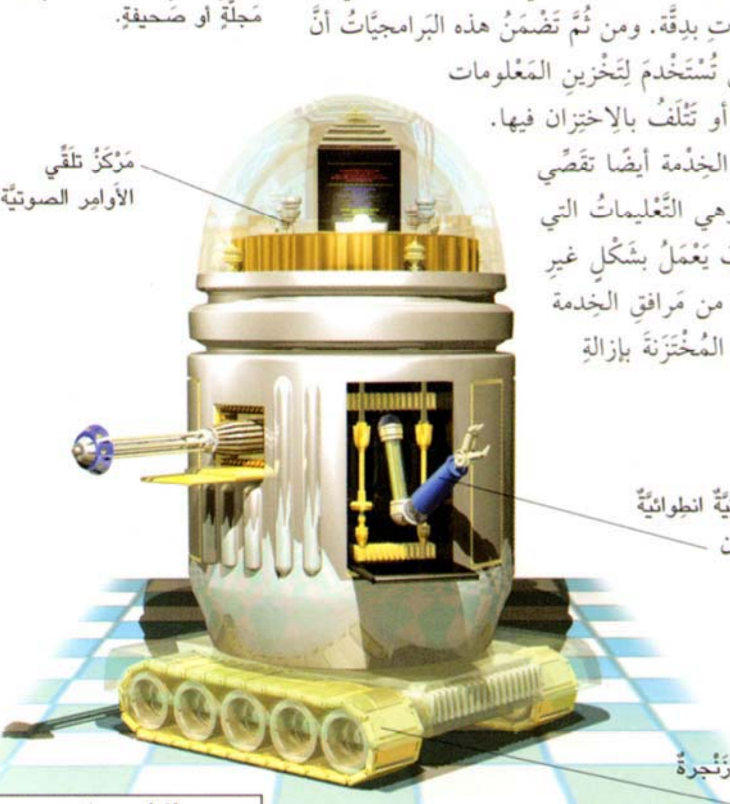
تَحْديثاتٌ ومَرافِقُ خِدْمة

مُنْتِجو البَرامجيَّاتِ يُطوِّرون بانتِظامٍ نُسَخًا جديدةً لبَرامجَ قديمةٍ في سياق ما يُسَمَّى التَّحْديثات. ويُضيفُ التطويرُ المُسْتَحْدَثُ عادةً خصائصَ مُمَيَّزةً جديدةً ويُصَحِّحُ أحيانًا مَشاكِلَ وأخطاءَ في النُّسَخِ القديمة.

برامجُ مَرافقِ الخدمة تعمَلُ على استِمْرار جودَة عَمل الحاسوب. فيُمكِنُ استِخْدامُها لِتَقصِّي أجزاءِ الذاكرةِ التي لا تُسَجِّلُ المَعْلوماتِ بدِقَّة. ومن ثُمَّ تَضْمَنُ هذه البَرامجيَّاتُ أنَّ تلكَ المَواقِعَ لن تُسْتَخْدَمَ لِتَخْزينِ المَعْلومات التي قد تَتضَرَّرُ أو تَتْلَفُ بالِاختِزان فيها. وبإمكان مَرافقِ الخِدْمة أيضًا تقَصِّي الفَيروسات – وهي التَّعْليماتُ التي تَجْعَلُ الحاسوبَ يَعْمَلُ بشَكْلٍ غيرِ طبيعيّ. والكثيرُ من مَرافقِ الخِدمة يُضَبِّطُ المِلَفَّاتِ المُخْتَزَنةَ بإزالةِ الفَيْروسات.



شاشتان صَغيرتان في خُوذِيَّة الواقِعِ الافتِراضيّ تُهايئُ لِواضِعِ الخوذيَّةِ مَنْظرًا لِمُحيطِ الواقِع الافتراضيّ. ويُحاكي قُفَّازُ المُعْطَياتِ مَلْمَسَ الأجْسامِ في الوَسَطِ المُحيط.



تَتطَلَّبُ الرُّوبوتاتُ والمَكِناتُ المُؤَتْمَتةُ بَرامجيَّاتٍ لاتِّخاذِ القَرارات وتَعَرُّفِ كيفيَّةِ الاستِجابة. وقد يكُونُ من المُمْكِن مُستَقْبلًا استِخْدامُ مُساعِداتٍ رُوبوتيَّةٍ شَخصيَّةٍ لِتَقوم بالمُهِمَّاتِ المَنْزليَّة استِجابةً لِتَعْليماتٍ مَنْطوقة.

أنْظُر أيضًا

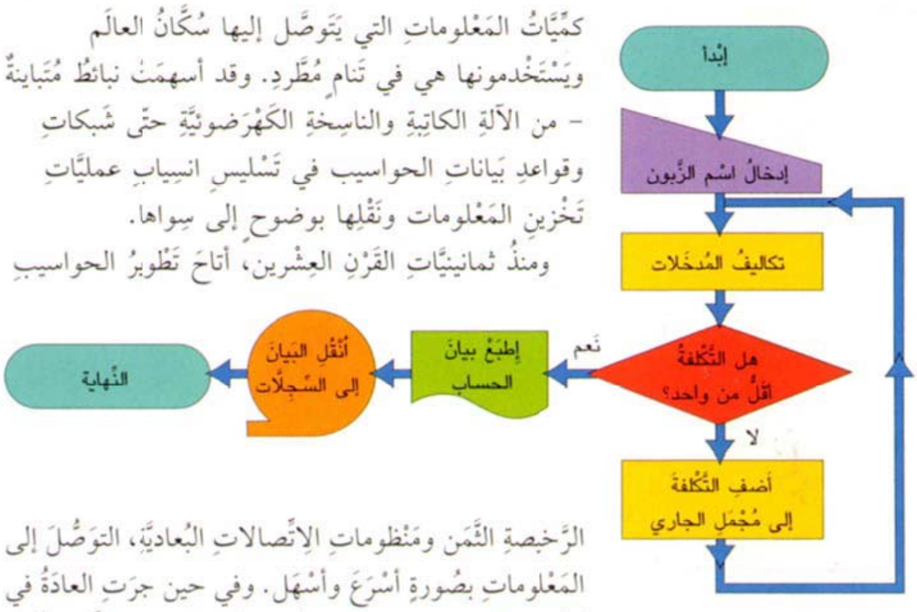
المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة ص 374 – 375
الحواسيب ص 376 – 377
تكْنولوجيَةُ المَعْلومات ص 380 – 381

تِكْنولُوجيَةُ المَعْلومات

تِكْنولُوجيَةُ المَعْلومات تَتَناولُ المَعْلوماتِ ومُعالَجتَها ونَقْلَها بواسِطةِ حواسيبَ أو مَنْظوماتٍ مُحَوْسَبة.

كمِّيَّاتُ المَعْلوماتِ التي يَتَوصَّل إليها سُكَّانُ العالَم ويَسْتَخْدمونها هي في تَنامٍ مُطَّرِدٍ. وقد أسهمَتْ نبائطُ مُتَباينةٌ – من الآلةِ الكاتِبَةِ والناسِخةِ الكَهْرَضوئيَّةِ حتّى شَبكاتِ وقواعدِ بَياناتِ الحواسيب في تَسْليسِ انسِيابِ عمليَّاتِ تَخْزينِ المَعْلوماتِ ونَقْلِها بوضوحٍ إلى سِواها.

ومنذُ ثمانينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، أتاحَ تَطْويرُ الحواسيبِ الرَّخيصةِ الثَّمَن ومَنْظوماتِ الاِتِّصالاتِ البُعاديَّة، التَوَصُّلَ إلى المَعْلوماتِ بصُورةٍ أسْرَعَ وأسْهَل. وفي حين جرَتِ العادَةُ في تَخْزينِ المَعْلوماتِ كوَثائقَ مَكْتوبةٍ أو مَطْبوعةٍ، فإنَّ نِسْبةً كبيرةً من المَعْلوماتِ حاليًّا غَدَتْ تُختزَنُ رَقْميًّا في الحواسيب.



مُخَطَّطُ سَيْرِ العمليَّاتِ هذا يُبَيِّنُ تَوالي الخُطُواتِ التي تُجْريها مَنْظومةٌ نَمُوذجيَّةٌ مُحَوْسَبة لإعدادِ كُشوفِ الحِسابات. أمثالُ هذه البَرامجِ تُصَمَّمُ لِتَخْفيضِ عَمَلِ المُشَغِّلِ البَشَريِّ بِطَرْحِ الأسئلةِ واتِّخاذِ القَرارات على أساسِ المَعْلوماتِ التي تَحْتَويها البَرامج.

تَخْتَزِنُ بَرامجُ قواعدِ البَياناتِ كمِّيَّاتٍ هائلَةً من المَعلوماتِ بطريقةٍ مُنَظَّمة. وباستِطاعةِ برنامجِ قاعدةِ البَياناتْ استِخْدام هذه المَعْلومات لإجراءِ الحِساباتِ وإصدارِ التقاريرِ في وقتٍ أقلَّ بكثيرٍ مِمَّا يتطلَّبُه شخْصٌ للقِيامِ بالمُهِمَّةِ نَفْسِها.

أنواعُ المَعْلوماتِ المُختلِفةُ التي تُحْفَظُ في قواعدِ البَياناتِ كثيرةٌ. فقد تَحوي مَكْتبَةٌ قاعدةَ بَياناتٍ تُسَجِّلُ اسْمَ الكِتابِ واسمَ المُؤلِّف وتاريخَ نَشْرِ كُلِّ كتابٍ. وقد تتوسَّعُ قاعدةُ بَياناتٍ أكثرَ تَفْصيلًا فَتُبَيِّنُ عددَ المرَّاتِ التي استُعيرَ فيها كُلُّ كتاب.

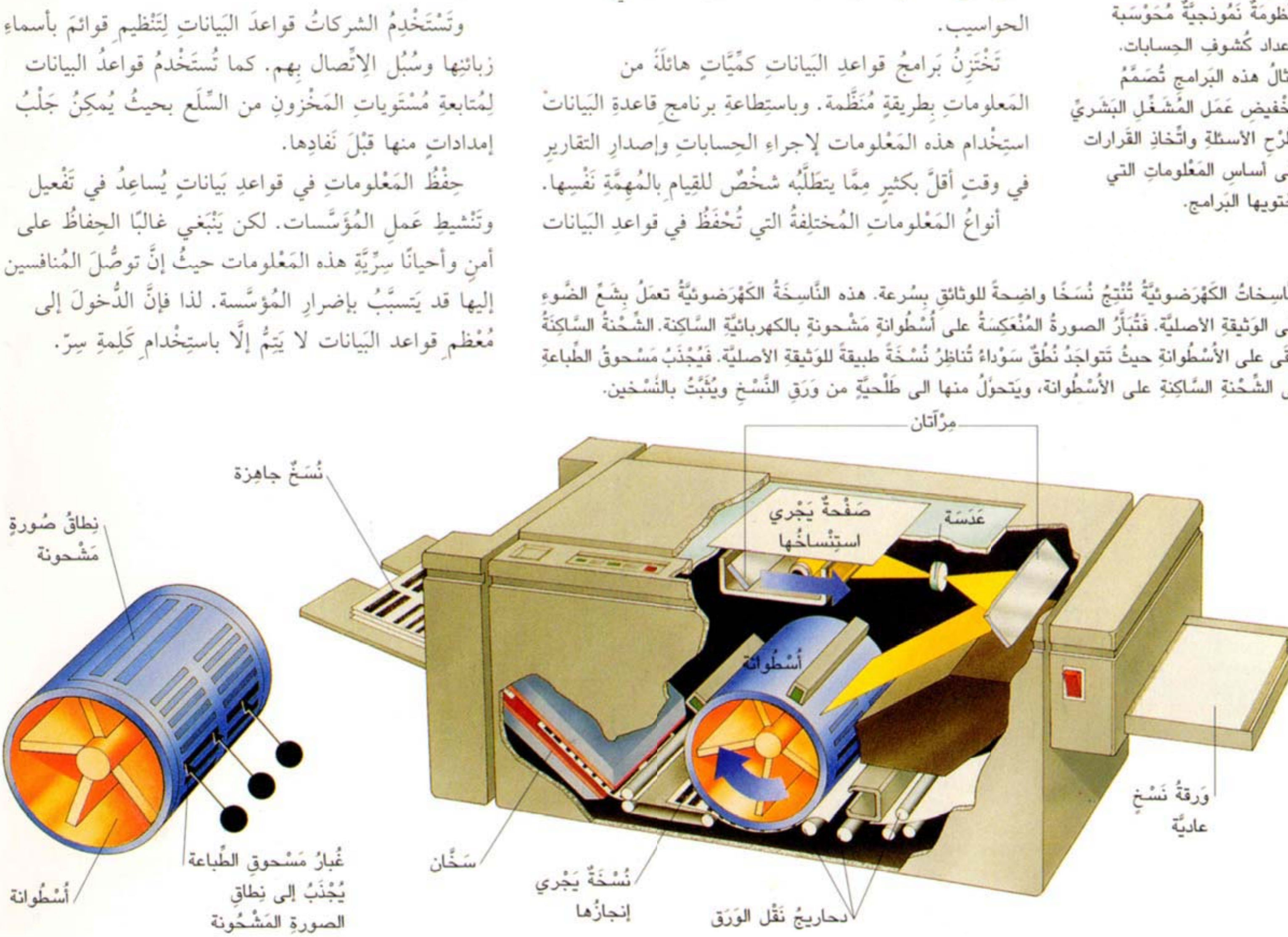
وتَسْتَخْدِمُ الشركاتُ قواعدَ البَياناتِ لِتَنْظيمِ قوائمِ بأسماءِ زبائنِها وسُبُلِ الاِتِّصال بهم. كما تُستَخْدمُ قواعدُ البياناتِ لِمُتابعةِ مُسْتَوياتِ المَخْزونِ من السِّلَعِ بحيثُ يُمكِنُ جَلْبُ إمداداتٍ منها قبْلَ نَفادِها.

حِفْظُ المَعْلوماتِ في قواعدِ بَياناتٍ يُساعِدُ في تَفْعيلِ وتَنْشيطِ عَمَلِ المُؤَسَّسات. لكن يَنْبَغي غالبًا الحِفاظُ على أمنِ وأحيانًا سِرِّيَّةِ هذه المَعْلومات حيثُ إنَّ توصُّلَ المُنافسين إليها قد يَتسبَّبُ بإضرارِ المُؤَسَّسة. لذا فإنَّ الدُّخولَ إلى مُعْظَمِ قواعدِ البَياناتِ لا يَتِمُّ إلَّا باستِخْدامِ كَلِمةِ سِرّ.



قَبْلَ اختِراعِ الحواسيبِ ومُعالِجاتِ الكَلِمات، كانتِ المُؤَسَّساتُ الكُبْرى تَسْتَخْدِمُ جَمْعًا ضَخْمًا من الضارباتِ على الآلاتِ الكاتِبةِ لإنتاجِ الوثائق. هذا أحَدُ هذه التجمُّعاتِ في ثلاثينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين.

النَّاسِخاتُ الكَهْرَضوئيَّةُ تُنْتِجُ نُسَخًا واضِحةً للوثائقِ بِسُرعة. هذه النَّاسِخَةُ الكَهْرَضوئيَّةُ تعمَلُ بِشَعِّ الضَّوءِ على الوَثيقةِ الأصليَّة. فَتُبَأَّرُ الصورةُ المُنْعَكِسةُ على أُسْطُوانةٍ مَشْحونةٍ بالكهربائيَّةِ السَّاكِنة. الشِّحْنةُ السَّاكِنَةُ تَبْقَى على الأُسْطُوانةِ حيثُ تَتَواجَدُ نُطَقٌ سَوْداءُ تُناظِرُ نُسْخَةً طبيقةً للوَثيقةِ الأصليَّة. فَيُجْذَبُ مَسْحوقُ الطِّباعةِ إلى الشِّحْنةِ السَّاكِنةِ على الأُسْطُوانة، ويَتحوَّلُ منها الى طَلْحيَّةٍ من وَرَقِ النَّسْخِ ويُثَبَّتُ بالتَّسْخين.



الشَّبكاتُ والإنترْنت

المَعْلوماتُ المُخْتَزَنَةُ في قاعدةِ البَيانات يَسْتَخْدِمُها عادةً كثيرٌ من الناسِ على مَكِناتٍ مُختلِفة. ويَسْتطيعُ المُسْتَخْدِمون المُشاركةَ في هذه المَعْلومات بِوَصْلِ حواسيبِهم بِشَبَكة. والشَّبكةُ قد تخدُم غُرْفةً أو مَبنًى أو جُمْلَة مبانٍ. ويُمكِنُ للتوصيلاتِ التلِفونيَّةِ توسيعُ مَدى الشَّبكاتِ لِتَغْطيَةِ مواقعَ مُنْفَصِلةٍ عديدةٍ - أحيانًا في بُلدان مُختلِفة.

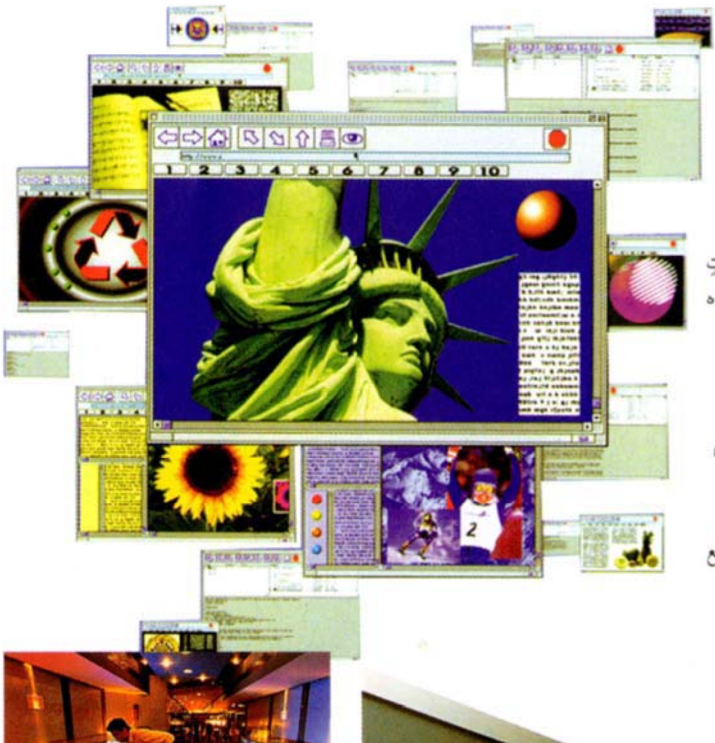
الإنترْنِتْ نوعٌ خاصٌ من شَبكاتِ الاتِّصال المَعْلوماتيَّة العالميَّة. وقد بَدأَ تَطْويرُ الإنترْنِت في سِتِّينيَّاتِ القَرْن العِشْرين، عندما أقامَتْ وكالةُ مَشاريعِ الأبحاث المُتَقدِّمة في الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة شَبكةَ الأرْپانِت. هذه الشَّبكةُ صُمِّمَت لِتَصْمُدَ في حالِ هُجوم نَوَويٍّ بِدَوام استِطاعتها نَقْلَ المَعْلومات حتَّى ولو تَعَطَّلَ جُزْءٌ منها. وقد تَزايدَ عددُ الجامعاتِ والمُؤسَّساتِ المُتَّصِلةِ بالإنترْنت خِلالَ سَبْعينيَّاتِ وثمانينيَّات القَرْن العِشْرين.

ومنذُ العام 1989، عندما بدأَتِ الشَّبكةُ العالميَّةُ النِّطاق (WWW)، تَنامَى عَددُ الوالجين إلى الإنترْنت بشَكْلٍ هائل. فَمِئاتُ مَلايين الناس في شَتَّى أنحاءِ العالَم يَسْتطيعون الآنَ وُلُوجَ الإنترْنت؛ فيَسْتَخْدمُها بعضُهم في إرسال الرسائلِ بالبريدِ الإلكترونيّ، حيثُ تَصِلُ بِسُرعةٍ بين أيِّ تَوْصيلَي إنترْنِت. فيما يَسْتَخْدِمُها آخرون في تَقَصِّي المَعْلومات مُسْتَخْدمينَ برامجَ الإنترْنت المُسَمَّاةَ مُحَرِّكاتِ التقَصّي. هذه المُحَرِّكاتُ تَبْحَثُ عن مَجْموعاتِ المَعْلومات في الوِبْ سايت (مَوقِع الشَّبكة) ذي الصِّلَةِ بمَوضُوع البَحْثِ الذي يُحَدِّدُه المُسْتَخْدِمُ بمِقْلادِه.

كذلك يُمكِنُ إرسالُ مَعْلوماتٍ، كصُوَرٍ من كاميرا أو مِلَفَّاتٍ حاسُوبيَّةٍ أو مُوسيقى، بالبريدِ الإلكترونيّ أو يُمكِنُ مُشاهَدتُها في مواقِعَ شَبكيَّة.



هذه الصُّورةُ تُبَيِّنُ تدَفُّقَ بياناتِ حَرَكة السَّيْر على شَبكةٍ حاسوبيَّةٍ في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة. الخُطوطُ البَيْضاءُ تَدُلُّ على حَجْمٍ شَهْريٍّ يَبْلُغ أو يَزيدُ على 100 بِلْيون بايْت.



الشَّبكةُ العالميَّةُ النِّطاق تُتيحُ الوُصولَ إلى كمِّيَّاتٍ ضَخْمةٍ من البَيانات. هذه المَعْلوماتُ تُجَمَّعُ في مواقِعَ شَبكيَّةٍ على يَد أفرادٍ أو مُؤسَّسات. والكثيرُ من هذه المَواقع يَشْمَلُ صُوَرًا وأصواتًا ومِلَفَّاتِ برامِجَ يُمكِنُ أن يَسْتَفرِغَها «زُوَّارُ» المَوقِع في حواسيبِهم.



▲ مَقاهي الإنتَرْنت، كهذا المَقْهى الذي نُشاهِدُ أمثالَه حاليًّا في كثيرٍ من البُلدان يُتيحُ للزبائن استِئجارَ حاسُوبٍ واستِعْراضَ ما تحمِلُه موجاتُ الإنتَرْنت.



المُؤتَمَراتُ الڤيديُويَّةُ تُوَفِّرُ الوَقتَ وتكاليفَ السَّفَر لِحُضور الاجتِماعاتِ عن طريقِ مُناقلةِ الأصواتِ والصُّوَرِ بين طرَفَي اتِّصالٍ تلِفونيّ.

أنْظُر أيضًا

الاتِّصالاتُ البُعاديَّة ص 366 – 367

الحواسيب ص 376 – 377

بَرامِجُ بَرامجيَّاتِ الحاسُوب ص 378 – 379

التِّقانيَّاتُ الذَّكِيَّة

تَستَخدِمُ التِّقانيَّاتُ الذَّكيَّةُ مَنْظوماتٍ حاسُوبيَّةً ومُعالِجاتٍ صُغريَّةً للمُساعدَةِ في المُهِمَّاتِ اليَوميَّةِ وفي تَبادُلِ المَعْلومات.



الصرَّافُ الآليُّ الأُتوماتيُّ يُتيحُ لِزَبائنِ المَصرِف الحُصولَ على مَعْلوماتٍ عن حِساباتِهم وإجراءِ المُعامَلاتِ الماليَّةِ اللَّازمة. هذه المَكِناتُ تتَعرَّفُ زبائنَ المَصْرف بقراءَةِ الشَّرائحِ المِغْنَطيسيَّةِ في بطاقاتِهم المَصْرفيَّة. وعلى الزبائنِ تأكيدُ هُويَّاتِهم الذاتيَّةِ بإدخالِ الرَّقْمِ السِّرِّيِّ الشَّخْصيِّ التَّعْريفيِّ لِلواحِدِ منهُم.

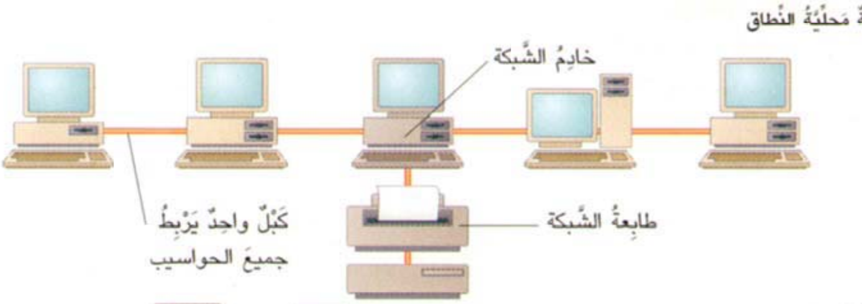
يَشْمَلُ مُصْطَلَحُ التِّقانيَّاتِ الذكيَّةِ تِقانيَّاتٍ أساسُها المُعالِجاتُ الصُّغْريَّةُ ونبائطُ أُخرى تَسْتطيعُ تجميعَ المَعْلوماتِ ومُعالَجتَها لِاتِّخاذِ القراراتِ أو القِيامِ بأعمالٍ تَعْتَمِدُ على تِلكَ المَعْلومات.

لقد كان للتِّقانيَّاتِ الذَّكِيَّةِ أثَرٌ هائلٌ على مَجالاتٍ شَتّى في الحياةِ اليَوميَّة. وسَتَسْتَمِرُّ أهمِّيَّةُ هذه التِّقانيَّاتِ في التَّنامي مع تَطَوُّرِ التِّقانيَّاتِ الحاسُوبيَّة.

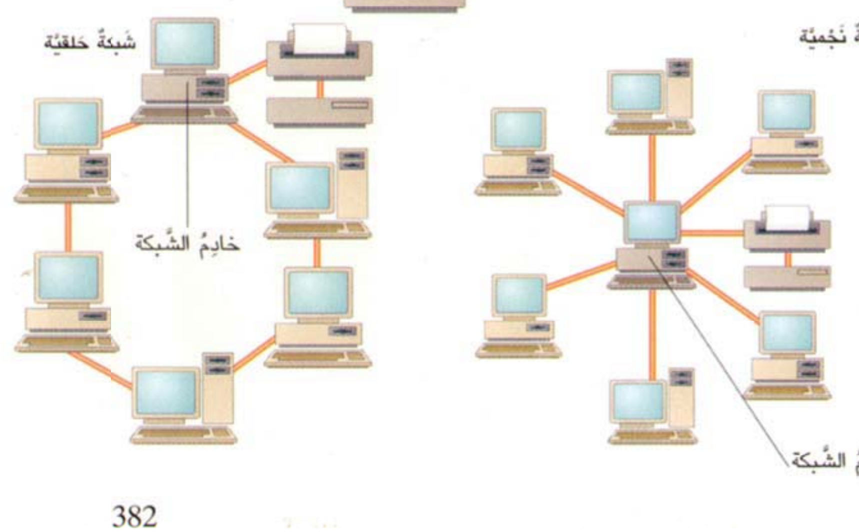
الصرَّافُ الآليُّ الأُوتوماتيُّ كانَ أحدَ الأمثلةِ الأُولى على التِّقانيَّاتِ الذكيَّةِ المُتاحَةِ لِعامَّةِ الناس. فالمَصارِفُ تُزوِّدُ زَبائنَها ببطاقاتٍ لَدائنيَّةٍ للاستِخْدامِ في الصرَّافاتِ الأُوتوماتيَّة. وكُلُّ بِطاقةٍ تَحْمِلُ شَريحةً مِغْنَطيسيَّةً مُرَمَّزَةً بتَفاصيلِ حِسابِ الزَّبونِ في المَصْرِف. وعندما يُولِجُ الزَّبونُ بطاقتَه في شَقْبِ الصرَّافِ الآليِّ تَقْرأُ المكِنةُ الشَّريحةَ على البِطاقة وتَطْلُبُ الرَّقْمَ الشَّخْصيَّ التعريفيَّ للزَّبون. ثُمَّ تَتَقَصَّى السِّجلَّاتِ الحاسوبيَّةَ المَصْرفيَّة. فاذا كان رَقْمُ التعريفِ الشَّخصيِّ صَحيحًا للبطاقة عندئذٍ يَسْتطيعُ الزَّبونُ سَحْبَ ما يَطْلبه من حِسابه في المَصْرِف أو يتَحَرّى رَصيدَ حسابِه فيه أو أن يَطْلُبَ استِعْلاماتٍ أُخرى.

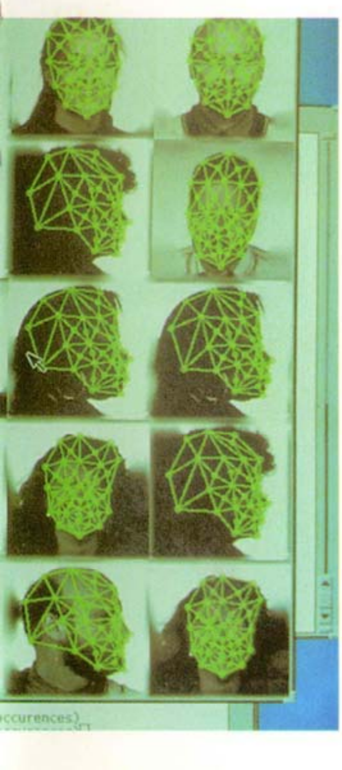
مَنْظومةُ الصرَّافاتِ الآلِيَّةِ الأُوتوماتيَّة هي مَثَلٌ على شَبكةٍ واسِعَةِ النِّطاق. فكُلُّ مَكِنةٍ فيها تَسْتطيعُ الاتِّصالَ بحاسوبٍ





◄ في الشَّبكةِ المَحلِّيَّةِ النِّطاق تُوَصَّلُ مَجْموعةٌ من الحواسيب معًا بالكُبول. ويُمكِنُ وَصْلُ الحواسيبِ خَطِّيًّا أو نَجْميًّا أو حَلْقيًّا. أحدُ الحواسيبِ، المُسَمَّى خادِمَ الشَّبكة، يَحْكُمُ الاتِّصالاتِ ضِمْنَ الشَّبكةِ؛ وغالِبًا ما يُوصَلُ خادمُ الشَّبكةِ بِطابِعَة.





◄ مَنْظومةُ تعَرُّفِ الوُجوه تَقيسُ الأبْعادَ والاتِّجاهاتِ بين مَعالِمِ رأسِ الشَّخْص؛ ثُمَّ تُقارِنُ هذه التفاصيلَ بِمَعلوماتٍ مُخْتَزَنةٍ في ذاكِرَتِها.

مَرْكزيٍّ، يُسَمَّى الخادِمِ - وَظيفَتُه تَخْزينُ المَعْلوماتِ عن الحِساباتِ المَصْرفيَّة أوّلًا بأوَّل. والشَّبكةُ الواسِعَةُ النِّطاقِ تَسْتَخْدِمُ عادةً وسائلَ تَرابُطٍ تلفونيَّةً لِنَقْلِ الإشاراتِ بين الحواسيب.

المَدارسُ والمكاتِبُ تُجَهَّزُ غالِبًا بشَبكاتٍ مَحَلِّيَّةِ النِّطاق. هذه الشَّبكاتُ تَسْتَخْدِمُ عادةً شَبكةَ كبْولٍ لِمُناقَلةِ المَعْلومات بين الحواسيب. بَعضُ المَنْظوماتِ يَسْتَخْدِمُ حُزَمًا من الضوءِ دُونَ الأحمر لِوَصْلِ الحواسيبِ على مَدى المَسافاتِ القَصيرة.

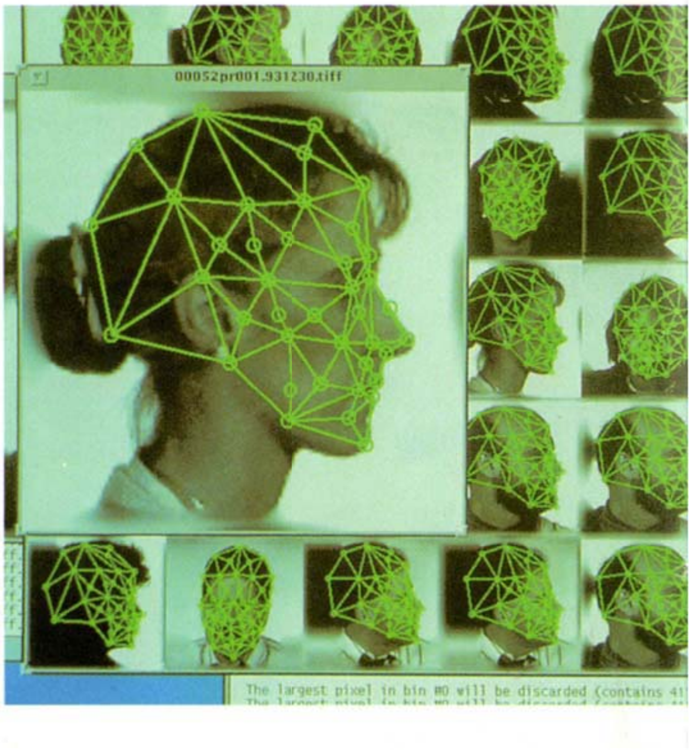
الإحصائيَّات الحَيَويَّة (البَيُومِتْرِيَّات)

الإحصائيَّاتُ الحيَويَّةُ هي قياسُ تفاصيلِ ومُمَيِّزاتِ الشَّخْص الطبيعيَّة. فأَخْذُ بَصَماتِ الأَصابع هو قياسٌ بيُومِتْرِيٌّ - حيثُ إنَّه يَتقصَّى تفاصيلَ الأنماطِ الجِلْديَّة على رُؤوس الأصابع.

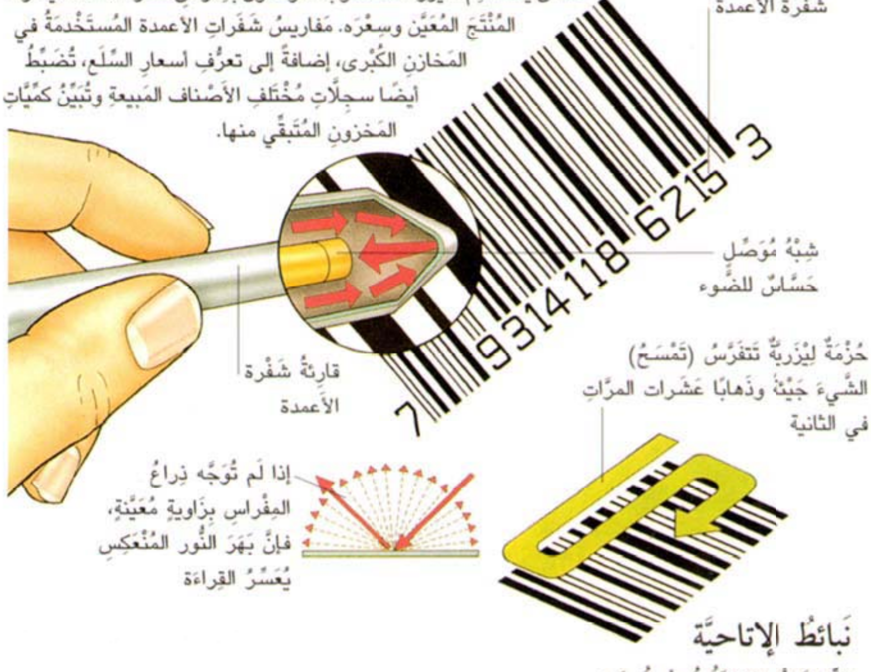
مَكِناتُ الأمنِ البَيُومتريَّة تَتفَرَّسُ (تَمْسَحُ) جُزْءًا من جِسْمِ الشَّخْصِ وتُقارِنُ التَّفرِيسَةَ (الصورة المَمسوحة) بالسِّجلَّاتِ الحاسوبيَّةِ لَديها مُحاوِلَةً تَعرُّفَ ذلك الشَّخْص. الوَجْهُ واليَدُ وقُزَحِيَّةُ العَيْن هي مَعالِمُ ملائمةٌ للتَّفْريسِ بنَوعٍ خاصٍّ.

نَمْنَمةُ النماذِج

من المظاهِرِ البيِّنَةِ لِتوَجُّهاتِ التِّقانيَّاتِ الذكيَّة الميلُ والسَّعْيُ دومًا لِتَصْنيع نَماذِجَ أصغَرَ فأصغَرَ. فالبِطاقاتُ الذكيَّةُ هي بِطاقاتٌ لَدائنيَّةٌ صَغيرةٌ تحمِلُ المَعْلوماتِ مُسجَّلةً على رقائقَ صُغْريَّة. والحواسيبُ المِنْظاريَّة سُرعانَ ما ستُوازي في كِفايَتِها قُدْرَةَ الحواسيبِ الكبيرة - في حين ستكونُ هي من الصِّغَر بحَيْث تُلبَسُ كالنظَّارات.



شَفْرةُ الأَعْمدةِ هي سِلْسِلةٌ من الخُطوطِ السَّوداءِ يُمكِنُ قِراءتُها بمِفْراسٍ خاصٍّ يَسْتَخْدِمُ اللِّيْزَر. فالحاسوبُ المَوصُولُ بمِفْراسِ شَفْرة الأَعْمدة يَتعَرَّفُ المُنْتَجَ المُعَيَّن وسِعْرَه. مَفاريسُ شَفَراتِ الأعمدة المُستَخْدَمةُ في المَخازِنِ الكُبْرى، إضافةً إلى تعرُّفِ أسعارِ السِّلَع، تُضَبِّطُ أيضًا سجلَّاتٍ مُخْتَلفِ الأَصْناف المَبيعةِ وتُبَيِّنُ كمِّيَّاتِ المَخزونِ المُتَبقِّي منها.



نَبائطُ الإتاحيَّة

التِّقانيَّاتُ الذكيَّةُ تُتيحُ فُرَصًا لِتَحْسينِ نَوعيَّةِ الحياةِ للمُعاقين أو ذوي الاحتياجاتِ الخاصَّة.

نَبائطُ الإدخالِ في هذه النبائط يُمكِنُ أنْ تُحْكَمَ بحَرَكاتِ الرَّأس أو بِمَصِّ أُنبوبٍ أو بالنَّفْخِ فيه. وهي بذلك تُتيحُ لِلناس الذين يَتعَذَّرُ عليهِم تَحْريكُ أيْدِيهم أنْ يَتَواصلوا مع الحواسيب. ثُمَّ يُمكِنُ لِمُوَلِّفٍ صَوتيٍّ أنْ يُحَوِّلَ رَسائلَهُم إلى تَعابيرَ مَنْطوقة.



▲ الفيزيائيُّ البريطانيُّ ستيفِن هُوكِنْغ (1942 -) يَسْتَخْدِمُ مُوَلِّفَ نُطْقٍ مُحَوْسَبًا للتحدُّثِ إلى الناس.



▲ هذا النَّموذَجُ الأوَّليُّ لِحاسُوبٍ مِنْظاريٍّ، يُمكِنُ وَضْعُه على العَيْنَيْن، يُسْقِطُ الصُّورةَ من شاشةٍ حاسُوبيَّةٍ على مأطورةٍ أمامَ العَيْنَيْن. ويَتحَكَّمُ واضِعُ المِنْظارِ بحاسُوبه المِنظاريِّ بإصدارِ أوامِرَ نُطقيَّةٍ مُسْتَخْدِمًا كُرَةَ تتَبُّعٍ يُمْسِكُها بيَدِه.

اُنْظُر أيضًا

المُعالِجاتُ الصُّغْريَّة ص 374 - 375

الحواسيب ص 376 - 377

بَرامِجُ بَرامجيَّاتِ الحاسُوب ص 378 - 379

حَقائقُ وأَرقام

قَوانينُ وقَواعِدُ الكَهْرباء

الشّحنةُ الكَهْربائيّة (مَقيسةً بالكُولوم)

= شِدّة التيّار (بالأمبير) × الزّمَن (بالثانية)

فَرْقُ الجُهْد (بالفُلْط)

= الطاقة المُتحَوِّلة (بالجُول) / الشّحْنة (بالكُولوم)

المُقاوَمة (بالأوم)

= فَرْقُ الجُهْد (بالفُلط) / شِدّة التيّار (بالأمبير)

الإستِهْلاكُ المَنْزِليُّ من الطاقة الكهربائيّة (كيلو واط ساعة)

= القُدْرة (كيلو واط) × الزّمَن (ساعة)

شِدّةُ التيّار التي يَسْحَبُها جِهازٌ كَهْربائيٌّ في التّشغيل العاديّ (أمپير)

= قيمة قُدْرة الجهاز (بالواط) / الفُلْطيّة (بالفُلْط)

مُصْطَلحاتُ التَّخزين الحاسُوبيّ

بِتّ	أصغَرُ وَحْدةٍ للبيانات الحاسُوبيّة
بايْت	ثمانية بِتّات
كيلو بايْت	1024 بايْت
ميغا بايْت	1024 كيلو بايْت
جيجا بايْت	1024 ميغا بايْت

كلمةُ بِتّ هي اختِصار الإنكليزيّة binary digit الرّقم الثُّنائيّ. الرّقْمُ بالشّفْرة الثُّنائيّة قد يُمَثِّلُ إحدى قيمتَيْن: صِفْر (0) أو واحد (1). هاتان القيمتان يُمكِنُ تَخْزينهما في مواقِعَ مُحدَّدة على سَوّاقةِ أقراص الحاسوب الصُّلْبة، مثلًا، كمَغْنطاتٍ مُختلِفة. ويُمكِنُ إرسالُ البِتّات كنَبَضاتٍ تيّاريّة عَبْرَ كَبْلٍ، أو كنَبَضاتٍ ضَوئيّةٍ عَبْرَ ألياف ضوئيّة (بَصَريّة).

رُموزُ الدّاراتِ الكَهْربائيّة

المُهَنْدسون الكَهْربائيُّون والإلكترونيُّون والفيزيائيُّون يَسْتَخْدِمون عددًا من الرُّموز التي تُمَكِّنُهم من رَسْم مُخَطَّطاتِ الدّاراتِ الكهربائيّة المُعقَّدة في حُيوزٍ مُحَدَّدة. بعضُ هذه الرُّموزِ مُبيَّنٌ في الجَدْول أدناه.

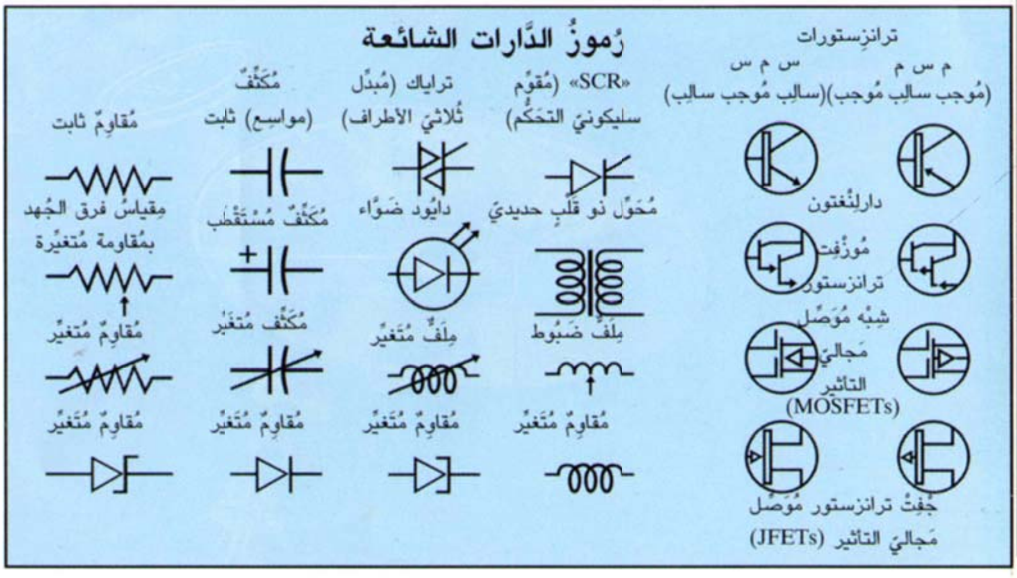
تَواريخُ رَئيسيّة

ق. م.

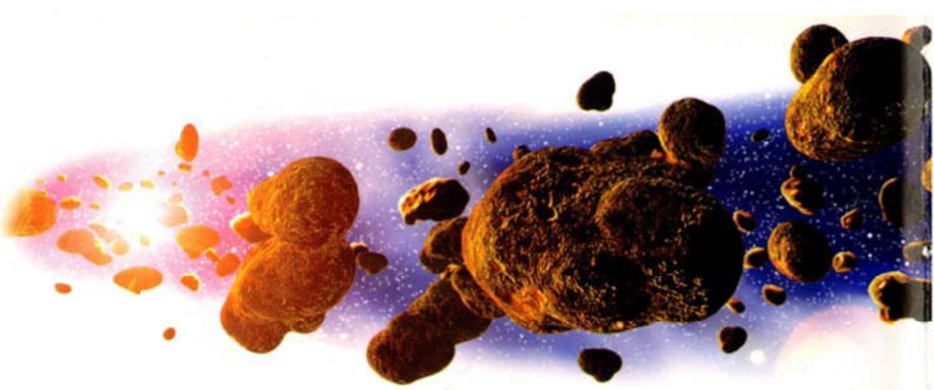
ح 600	الفيلسوفُ الإغريقيُّ طاليس المُليطيّ يكتشِفُ أنّ راتينَجَ الكَهْرمان يَجذِبُ الأشياءَ عند فَرْكِه.

للميلاد

1600	الطبيبُ الإنكليزيُّ وِلْيَم جِلْبرت يَنْشُر نتائجَ تَجارِبه حوْلَ الكَهرباءِ والمِغْنَطيسيّة.
1672	الفيزيائيّ الألمانيّ أوتُو فُون جيريك يَبْني أوّلَ مُوَلِّد كَهْروستاتيّ، وهو كُرَةٌ كِبْريتيّةٌ تُدارُ بذراعٍ يَدَويّة.
1729 – 1732	الفيزيائيّ البريطانيّ ستيفن جْري يكتشِفُ مبادئَ التوصيل الكهربائيّ.
1745	الفيزيائيُّ الهولَنْديُّ پتروس ڤان مَسكِنْبروك يخترِعُ وِعاءَ لَيْدن – وهو مُكَثِّفٌ سَعَويٌّ بَسيط.
1752	الدبلوماسيُّ والعالِمُ الأمريكيُّ بنجامين فرانكلين يخترِعُ مانِعةَ الصواعق بَعْدَ تَطْيير طائرةٍ وَرَقيّةٍ أثناءَ عاصفةٍ مُبرِقة.
1784 – 1789	الفيزيائيُّ الفرَنْسيُّ شارل كُولوم يُنظِّمُ قوانينَ الكهروستاتيّات.
1800	الفيزيائيُّ الإيطاليُّ ألِسّاندرو ڤولْتا يخترِعُ عَمودَ فُلْطا – أوّلَ بطّاريّة كهربائيّة.
1827	الفيزيائيّ الألمانيّ جورج سَيْمون أوم يستنبِطُ قانونًا يَصِفُ العلاقةَ بين شِدّة التيّار والمُقاوَمة والفُلْطيّة في دارةٍ كهربائيّة.
1831	الكيميائيّ والفيزيائيّ البريطانيّ مايكل فارادي يُوَلِّدُ تيّارًا كَهْربائيًّا بتَدْوير عُرْوةٍ نُحاسيّةٍ في مَجالٍ مِغْنَطيسيّ.
1859	الفيزيائيّ الفرَنْسيّ غاسْتون پلانْتيه يخترِعُ المِرْكَم الرَّصاصيّ الحَمْضيّ.
1871	المُهَنْدسُ البَلْجيكيّ زينُوبي غرام يبدأ بتَصْنيع المُوَلِّدات الكهربائيّة (الدينامُوات).
1873	الفيزيائيُّ البريطانيُّ جيمْس كلارْك ماكْسويل يَنْشُر مُعادَلاتٍ تَصِفُ خصائصَ الأمواج الكَهْرُمِغْنيطيّة.
1876	المُخترِعُ الأمريكيُّ ألكسندر غراهام بِل يخترِعُ التلِفون.
1877	المُهَنْدسُ الفرَنْسيُّ جورج لَكْلانْشيه يخترِعُ بطّاريّةَ الزنك والكربون الجافّة.
1882	المُهَنْدسُ الفرَنْسيُّ مارسيل دِپْريز يُحقّق أوّلَ نَقْلٍ عالي الفُلْطيّة الكهربائيّة عَبْرَ كَبْلٍ مسافةً تُقارِبُ 55 كم.
1895	المُهَنْدِسُ الكهربائيُّ الإيطاليُّ غُوليلْمو مارْكوني يَقومُ بأوّلِ إرسالٍ راديويّ عَبْرَ مسافة 2,4 كم.
1910	الكيميائيُّ والمُهَنْدس الفرَنْسيُّ جورج كلُود يخترِعُ أُنبوب النِّيُون للإنارة.
1911	الفيزيائيُّ الهولَنْديُّ هايك كامَرْلِنْغ أونِّز يكتشِفُ المُوَصِّليّةَ الفائقةَ للزئبق المُبَرَّدِ إلى درجة 4,2 ك (– 268,7°س).
1914	المُخترِعُ الأمريكيُّ توماس ألْڤا أديسون يُطوِّرُ المِرْكَمَ القِلْويّ.
1928	الفيزيائيُّ الأمريكيُّ السُّويسريُّ المَوْلِد فيلكس بلُوخ يضَع نَظَريّةً مُكتَمِلةً حوْلَ شِبْه المُوَصِّلات.
1929	هيئةُ الإذاعة البريطانيّة (BBC) تَبُثُّ أوّلَ البرامج التلِفْزيونيّة في العالَم.
1942	الفيزيائيُّ الأمريكيُّ الإيطاليُّ المَوْلِد أنْريكو فِيرمي يُحَقِّقُ أوّلَ تفاعُلِ انشِطار نَوَويّ مُتَسلْسِل مُتَحَكَّم فيه.
1948	الفيزيائيُّون الأمريكيُّون جون بارْدين ووالْتر براتن ووِلْيَم شوكلي يخترعون الترانْزِسْتور.
1951	المُفاعِلُ النَّوويُّ المُوَلِّدُ التجريبيّ (EBR-1)، في أيداهو فُولْز، بالولايات المتّحدة الأمريكيّة، يُصبِحُ أوّلَ مُفاعِلٍ نَوويّ يُولِّد القُدرةَ الكهربائيّة.
1960	الولاياتُ المتّحدة الأمريكيّة تُطْلِقُ إكو(Echo1) 1 أوّلَ ساتِلٍ للاتّصالاتِ البُعاديّة يَدورُ حوْلَ الأرض.
1961	يُونيمات يُصبِحُ أوّلَ رُوبوت يتولّى خِدمةً في أحدِ المَصانع.
1969	وزارةُ الدِّفاع الأمريكيّة تُؤسِّسُ أرْپانِت (ARPANET)، وهي شَبكةُ اتّصالاتٍ للبيانات؛ وكانت سليفَةَ الإنترنت.
1971	مُؤسّسة إنْتِل تُسَوِّقُ أوّلَ مُعالِجٍ صُغْريّ.
1981	آي بي إم (IBM) تبدأُ إنتاجَ أوّلِ الحواسيب الشخصيّة.
1985	شركة فيليپْس تُسَوِّقُ الأقراصَ المُدْمَجة الرّاسِخة (للقِراءة فقَطْ) كوَسَطِ بياناتٍ حاسُوبيّة.
1989	عالِمُ الحواسيب البريطانيُّ تيمُوثي بِرْنَرْز لي يَبْتَنِطُ الشبكةَ العالميّةَ النّطاق (WWW) لِتَيْسيرِ استِخْدام الإنترنت.

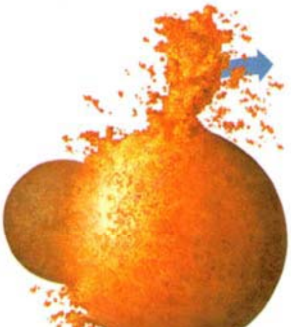






الفَصْلُ التاسِع

المَكانُ والزَّمان





آلافُ المَجرَّاتِ والنُّجومِ والكَواكِبِ، التي تُشاهَدُ مِن الأرض هي بِضْعٌ من بَلايين الأَجرام التي يتألَّفُ منها الكَوْن. عِلْمُ الفَلَك هو دِراسَةُ الكَوْن ونَمَطِ تغَيُّراتِه على مُرور الزَّمَن.

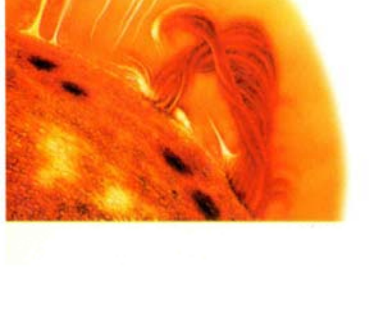
لقَدْ بَدأَتْ دراسةُ النُّجومِ والكَواكبِ منذُ أنْ بَدأَ البَشَرُ الأوائل يتطَلَّعونَ إلى السَّماء في اللَّيْل، وأخذوا يُدركون أسرارَ ما يَرونَ من نِقاطٍ نَيِّرَةٍ ساطِعة بتَجْميعِها في كَوْكَباتٍ أو بُروج. كما تتَبَّعوا حَرَكاتِ القَمَرِ والكواكِب،وكَوَّنوا نمُوذَجَهُم البَسيطَ لِلكَون. وفي العُصورِ التوالي درسَ العُلماءُ مُكَوِّناتِ النُّجوم ومَراحلَ حياتِها - نَشْأةً وتَطوُّرًا واندِثارًا. ويَرْتئي مُعْظَمُ العُلماءِ أنَّ الكَوْنَ توَلَّدَ وأخذَ يتمَدَّد بالإنفِجار الهائلِ المُسمَّى الإنفِجارَ العَظيم منذُ ما يَزيدُ على 10^9 سنَة - في اللَّحظةِ التي توَلَّدَتْ فيها كُلُّ أشكالِ المادَّةِ وابتَدأ الزَّمَن.





إجمالًا جميعُ الأَجرامِ في الكَوْن أبْعَدُ من أنْ تَزورَها بَعَثاتٌ من الأرض. والفَلكيُّون يَسْتَخْدمون تلِسْكوباتٍ (مَقاريبَ) على الأرض، أو في مَداراتٍ فَضَائيَّةٍ حوْلَها، لِتَجْميعِ المَعْلوماتِ من الضَّوءِ والأشِعَّةِ السِّينيَّة (أشِعَّة إكس) والأشِعَّةِ الراديُويَّةِ والأشِعَّةِ دونَ الحمراء المُنْبَعثةِ من أمثالِ هذه الأجرام النائيَة. لقد قامَتْ سَوابِرُ فَضَائيَّةٌ بزيارةِ بعضِ الكواكبِ والمُذَنَّباتِ والكُوَيْكبات، كما نَزلَ اثنا عَشَر رائدًا فَضَائيًّا على سَطْحِ القَمَر في عِدَّة رحلات، وعادوا بعَيِّناتٍ من تُرْبتِه وصُخوره. وفي كُلِّ عامٍ تقريبًا يكتشِفُ الفَلكيُّونَ وعُلماءُ الفَضاء مَزيدًا من الأجرامِ والأَجْسامِ في الفَضَاء، كما يَتعرَّفونَ تفاصيلَ جديدةً عن تِلكَ الأجرامِ التي سَبَقَ تعَرُّفُها سالِفًا.





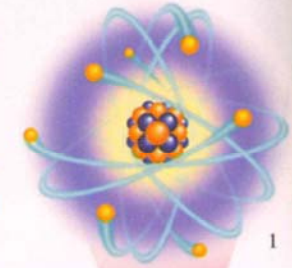




الكَوْن

يتألَّفُ الكَوْنُ من كُلِّ شيءٍ في الفَضَاءِ ومن الفَضَاءِ نفسِه. وهو كبيرٌ بما يَفوقُ التصوُّر، كما إنَّه، على مَدى الأَزمان، دائمُ التَّغَيُّر ومُسْتَمِرُّ التَّمَدُّد.

الكَوْنُ هو كُلُّ شيءٍ في الوُجود - من أصغَرِ الكائناتِ على الأرض إلى أعظَمِ الأجرام وأبْعَدِها في الفَضَاء. وهو أيضًا مكانٌ ديناميٌّ ناشِطُ الحَرَكة - كُلُّ شيءٍ فيه يَتْبَعُ دَوْرَةً حياتيَّةً خاصَّةً، سَواءٌ كان إنسانًا يُعَمِّرُ 70 أو 80 سنة، أو نَجْمًا يَعيشُ 10 بلايين سنة؛ فهي عمليَّةٌ مُسْتَمِرَّةٌ إذْ إنَّ كُلَّ جِسْمٍ في الكَوْن يُولَدُ ويَعيشُ ثُمَّ يَموت.



1

مُحْتَويات الكَوْن

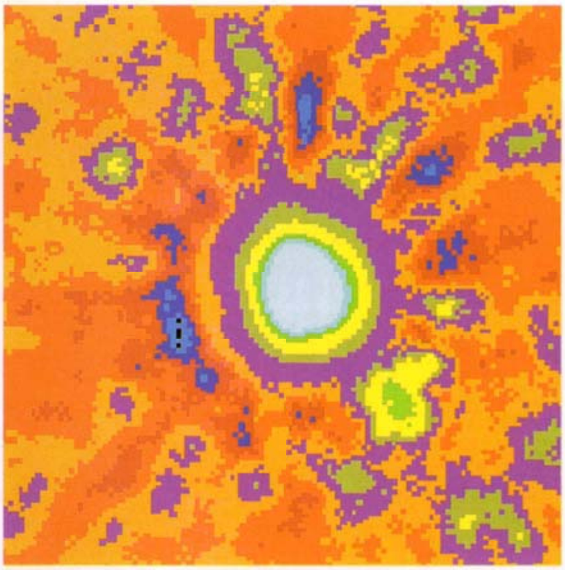
يَبْدو كَوكبُنا مُهِمًّا وضَخْمًا بالمُقارنةِ مع إنسانٍ يَعيشُ على سَطْحِه. لكِنَّ الأرضَ لا تَعْدو أن تكونَ أكثَرَ من بُرشَةٍ دقيقةٍ بالمُقارنةِ مع باقي الكَوْن. والأرضُ هي أحدُ الكَواكبِ التِّسْعةِ التي تَدورُ حوْلَ نَجْمٍ يُسَمَّى الشَّمْس. والنُّجومُ هي أكثَرُ الأجرامِ تواجُدًا في الكَوْن؛ ويَسْتحيلُ إحصاؤها. لكِنَّا نُقَدِّرُ أنَّه يُوجَدُ منها 100 بليون بليون نَجْمٍ على الأقَلّ.



2

الشَّمْسُ، كسائرِ النُّجومِ الأُخرى، هي كُرَةٌ مُتوَهِّجَةٌ من الغازاتِ الحارَّة. وهي نَجْمٌ أصفَرُ مُتوسِّطُ الحَجْم نوعًا ومُتَوَسِّطُ الحرارة، يؤلِّفُ مع بلايينَ من نُجومٍ أُخرى مَجَرَّة. هذا الحَشْدُ الشاسِعُ الحَلَزونيُّ الشَّكْل من النُّجوم (الشَّكْل 5 أدناه) هو مَجَرَّتُنا المُسَمَّاةُ دَرْبَ التَّبَّانة (أو الدَّربَ اللبَنيَّة). وهذه مع حوالى 30 مَجَرَّةً أُخرى، تُشَكِّلُ في الفَضَاء قِنْوًا مَجَرِّيًّا تُسَمَّى المَجْموعةَ المَحَليَّة. وفي جميعِ أرجاءِ الكَوْن، هنالك قُنوانٌ مَجَرِّيَّةٌ مُتعَدِّدةٌ كثيرةٌ تَنْتَظِمُ بِدَوْرِها في قُنوانٍ مَجَرِّيَّةٍ عُظْمَى.

يُمكِنُ مُشاهدةُ عِدَّةِ مَجَرَّاتٍ من الأرض؛ لكِنَّ حُشودًا عديدةً منها هي أبْعَدُ من أنْ تُرى. ويُقَدِّر الفَلَكيُّون أنَّه يُوجَدُ في الكَوْن حوالى 100 بليون مَجَرَّة يُمكِننا مشاهدَتُها في كُلِّ اتِّجاه - بعضُها من القُرب أو الكِبَر بحيثُ يُمكِنُ تَبَيُّنُ أشكالِها وبَعضِ نُجومِها بالتِلِسْكوبات - إمّا الأرضيَّةِ أو التي هي في مَداراتٍ حوْلَ الأرض.



الكَوازاراتُ نَوعٌ من المَجرّاتِ النَّشِطةِ التي تُنْتِجُ كَمّيّاتٍ هائلةً من الطاقة؛ وهي بعضُ أشدِّ الأجرامِ قُدْرَةً في الكَوْن. في هذه الصُّورة المُصَنَّعَةِ الألوان لِلكوازار 3 سي 272 «3C 272»، أوَّلِ كوازار تَمَّ تَعرُّفُه، تبدو شِدَّةُ الأشِعَّةِ السِّينيَّةِ المَنْبَعِثةِ بالألوانِ المُختلِفة - التي أكثَرُها شِدَّةً الأزرقُ الفاتِحُ والأخْضَرُ والأصْفَر.



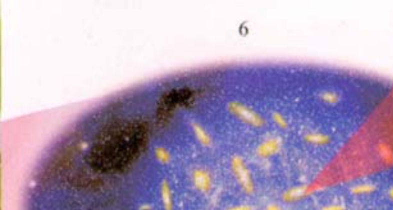
3



4



5



6

1. كُلُّ شيءٍ في الكَوْن - من نُجومٍ وكواكِبَ وكائناتٍ بَشَريَّة - يتألَّفُ من العناصِرِ نفسِها.

2. البَشَرُ ما هُم إلّا جُزْءٌ من بَلايين الأَشكالِ الحياتيَّةِ على كوكبِ الأرض. وهنالك أكثَرُ من 6 آلاف مِليون من البَشَر يعيشونَ حاليًّا على اليابِسَة.

3. كوكَبُنا - الأرضُ - هو المكانُ الوحيدُ في الكَوْن المَعْروف أنَّ الحياةَ مُمْكِنَةٌ فيه.

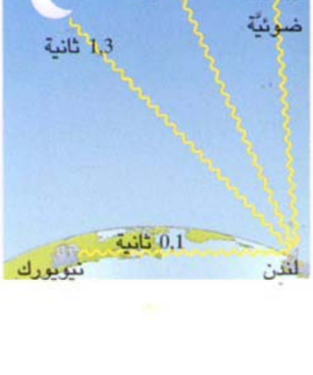
4. الأرضُ أحَدُ تِسْعةِ كَواكِبَ تَدورُ حوْلَ نَجْمٍ يُسَمَّى الشَّمْس. والشَّمْسُ وكواكِبُها تُشَكِّلُ معًا المَنْظومةَ الشَّمسيَّة.

5. الشَّمْسُ، ومَنْظومَتُها من الكواكب، نَجْمٌ من بَلايين النُّجوم في مَجَرَّة دَرْبِ التبَّانة.

6. مَجرّاتٌ لا حَصْرَ لها ولم يَسْبِقْ لِلْبَشرِ رؤيتُها، تملأُ الكَوْن. وهي تتجمَّع في قُنوانٍ مَجَرِّيَّة.

7. قُنوانٌ (أو أَقناءٌ «ج. قِنْو») من المَجَرّات تَحْتشِدُ معًا في قُنوانٍ عُظْمَى تَمْتَدُّ عَبْرَ الكَوْن؛ والمَدى بينَها فَراغاتٌ ضَخْمةٌ خاوِية.

▼ الزَّمَنُ الذي يَسْتَغْرِقُه الضَّوءُ لِيَقْطعَ مسافةً مُحَدَّدةً عَبْرَ الفَضاءِ يُسْتَخْدَمُ في قياسِ المَسافات. الضَّوءُ، من أقربِ النُّجومِ اللَّيْليَّةِ إلينا، يَسْتَغْرِقُ 4,2 سنة لِيَصِلَ إلى الأرض. أي إنَّ النَّجْمَ يَبْعُدُ عن الأرض 4,2 سنة ضوئيَّة. وفي الرسم أدناه يُبَيِّنُ الزَّمَنُ الذي يَسْتغْرِقُه الضَّوءُ لِقَطْعِ مَسافاتٍ من مواقِعَ أقربَ لِلْمُقارنة.





1 تتولَّدُ النُّجومُ في سُحُبٍ مُدَوِّمٍ من الغازِ والغُبار، تُسَمَّى سُدُمًا. غالبًا ما تكونُ السُّدُمُ ذاتُها بَقايا أجيالٍ سالِفَةٍ – ذُرارةَ موادَّ انتَثرتْ من أنقاضِ نُجومٍ ضَخْمَةٍ قَصيرةِ الأَجَل.

2 كُراتٌ تتكَوَّنُ في الغاز مُكَتَّلَةً معًا بشَدِّ الجاذبيَّةِ. وبِضَغْطِ الغاز عليها تَبْدأُ الكُرَاتُ بالنُّمُوّ.

3 النَّجْمُ الفَتِيُّ – البِدائيُّ – يَسْتَمِرُّ بالتَّدْويم، والمَوادُّ غيرُ المُسْتَخْدَمَة تُطْرَدُ بَعيدًا.

4 يبْدأُ التفاعُلُ النَّوَوِيُّ في القَلْبِ الحارِّ مُنْتِجًا ضوءًا وحرارةً.

5 يَتالَّقُ النَّجْمُ باطِّرادٍ على مَدى بَلايينِ السِّنين.

▲ تَوَلُّدُ النُّجوم مُستَمِرٌّ على الدَّوام. فتَتَكَوَّنُ كُراتٌ غازِيَّةٌ مُدَوِّمةٌ داخِلَ سُدُم عِمْلاقةٍ من الغازِ والغُبار. وعندما تَبْلُغُ الحرارةُ درجَةً كافِيَةً يَتحَوَّلُ هِدْروجينُ الكُرَةِ إلى هِلْيُوم مُوَلِّدًا ضوءًا وحَرارة – فتُصبِحُ الكُرَةُ نَجْمًا. وخِلالَ حياتِه، ثُمَّ مَماتِه، يَذْرو النَّجْمُ مَوادَّ تُسْتَخْدمُ تاليًا بدَوْرِها لِتَوليدِ نُجومٍ جديدة.

قِياسُ المَسافات

قِياسُ المَسافات على سَطْح الأَرض أمرٌ هَيِّن. ونحنُ نَسْتَخْدِمُ له نظامَيْن مألوفَيْن هما النِّظامُ المِتْرِيّ (الكيلومتر والمِتْر والسنتيمتر) والنِّظامُ الإمبراطوريّ (المِيل واليارْدة والقَدَم والإنش «البُوصة»). هذان النِّظامان يُسْتَخْدَمان لقِياسِ بعضِ الأشياءِ الأَصْغرِ في الفَضَاء، كوَهْدةٍ (فُوَّهة بُرْكانِيَّة) على سَطْحِ القَمَر، أو حتَّى بُعْدِ كوكبٍ مثل پْلُوتو عن الشَّمْس.

بعضُ الأشياءِ في الفَضَاء أكبَرُ أو أبعَدُ من أنْ تُقاسَ عمليًّا بهٰذين النِّظامَيْن – إذ تَغْدو الأعدادُ أطولَ من أن تُعالَجَ بواسِطَتِهما. لذا، يَلْجأُ الفَلَكِيُّونَ إلى وَحَداتٍ مُختلِفة. فيَسْتَخْدِمون ضِمْنَ المَنْظومةِ الشمسيَّةِ الوَحْدةَ الفَلَكِيَّة (وف) – وهي مُعَدَّلُ المَسافةِ بين الأرضِ والشَّمْس وتُساوي 149 600 000 كيلومتر، وتُسْتَخْدَمُ لقِياسِ المَسافةِ إلى أجرامٍ أُخرى؛ فمَثلًا بُعْدُ المِرِّيخ عن الشَّمْس يُساوي 1,5 وف، وبُعْدُ المُشْتَري 5,2 وف.

خارِجَ المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة، يَسْتَخْدِمُ الفَلَكِيُّون السَّنة الضوئيَّة (س ض) كوَحدةٍ لقِياسِ المَسافاتِ إلى النُّجومِ والمَجَرَّات، أو لقِياسِ قُطْرِ مَجَرَّةٍ من جانِبٍ إلى آخَر. ومَعلومٌ أنَّ سُرْعَةَ الضوءِ تَفوقُ سُرْعَةَ أيِّ شيءٍ آخَر، وتَبْلُغُ 299 792 كم/ث. والسَّنةُ الضوئيَّةُ هي المَسافة التي يَقْطَعُها الضوءُ في سنة؛ أي $9,46 \times 10^{12}$كم أو 9,46 بليون (مليون مليون) كم أو بِبَساطة 1 س ض. قُطْرُ مَجَرَّةِ دَرْب التَّبَّانة يُساوي 100 000 س ض.



► نُجومٌ جَديدةٌ تُولَد من سَديم النَّسْر على مَبْعَدة 7000 سنة ضوئيَّة. على رؤوسِ الأعمدةِ الضَّخْمة من الغازِ والغُبار تُشاهَدُ كُتَلٌ بَيْضيَّةُ الشَّكْل، تَبْدو صغيرةً جِدًّا بالمُقارنةِ مع الأعمدة الضَّخْمة، لكنَّها في الواقِع نُجومٌ جَديدةٌ في طَوْرِ التوَلُّد.

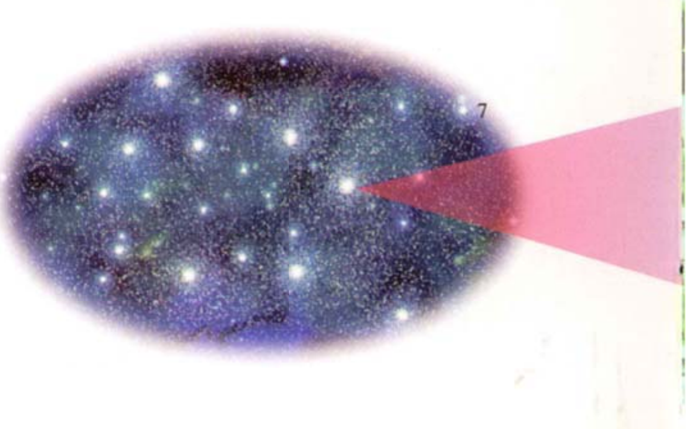
الكَوْنُ المُتَمَدِّد

كُلُّ شيءٍ في الكَوْن دائمُ الحَرَكة. فالأرضُ تُدَوِّمُ حوْلَ مِحْوَرِها مَرَّةً في اليَوم مُسبِّبةً تَعاقُبَ اللَّيْل والنَّهار. وكُلُّ كَوكبٍ آخَرُ والقَمَرُ وكُلُّ قِطْعةٍ دَقيقةٍ من الصُّخورِ الفَضَائيَّة، وكُلُّ نَجْمٍ من النُّجومِ التي لا تُحْصَى يُدَوِّمُ حوْلَ مِحْوَرِه الخاصّ.

وهذه الأَجرامُ تَتحَرَّكُ أيضًا عَبْرَ الفَضَاءِ أثناءَ تَدْويمها. فالأرضُ، مثلًا، تَدورُ حوْلَ الشَّمْس مَرَّةً في السَّنة. وهذا المَسارُ الكامِلُ يُعْرَفُ بالمَدار. وفي الوَقْتِ نَفْسِه، تدورُ الشَّمْسُ والأرضُ وسائرُ الأجرامِ التي تُؤَلِّفُ المَنْظومة الشمسيَّة، كمَجْموعةٍ معًا، حوْلَ مَرْكزِ مَجَرَّة دَرْبِ التَّبَّانة. ومن مَوْقِعِنا في هذه المَجَرَّة، نَنْظُرُ إلى أعماقِ الفَضَاءِ فنُشاهِدُ المَجَرَّاتِ الأُخرى، التي تتواجدُ في قُنوانٍ مَجَرِّيَّة مُتَباعِدٍ بعضُها عن بعض وعن مَجَرَّتنا. ومع ازديادِ بُعْدِ القِنْو تَزْدادُ سُرْعةُ تراجُعِه. والواقِعُ المُتعارف فَلَكيًّا هو أنَّ الكَوْنَ ذاتَه في حالِ تَمَدُّدٍ مُسْتَمِرٍّ مُنْذُ نَشْأتِه.



الفَلَكيُّ الأمريكيُّ إدْوين هَبل (1889 – 1953) جالِسٌ أمامَ التِلِسْكوب الذي استَخْدَمه في رَصْدِ الكَوْن. وفي عام 1924، قَدَّمَ هَبل أوَّلَ بُرهانٍ على أنَّ مَجَرَّاتٍ أُخرى تتواجَدُ خارِجَ مَجَرَّتنا. وفي عام 1929، بَرْهنَ أنَّ الكَوْنَ في حالِ تَمَدُّدٍ مُسْتَمِرّ.



انْظُر أيضًا

الحرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس ص 242 – 243
المَجَرَّات ص 390 – 391
النُّجوم ص 392 – 393
الشَّمْس ص 394 – 395
المَنْظومةُ الشَّمسيَّة ص 398 – 399

الكَوْن – نَشْأتُه ومُسْتَقبَلُه

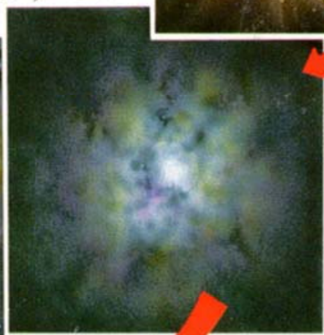
وُلِدَ الكَوْنُ بانفِجارٍ هائلٍ يُسَمَّى الإنفجارَ العَظيم منذُ حوالى 13 بليون سنة. وهو ما فَتِئَ يَتغيَّرُ ويَتمدَّدُ مُنذُئذٍ. وسيَسْتَمِرُّ على هذه الحَال أُلوفَ بلايين السِّنين.

يَرْتئي مُعْظمُ الفَلكيِّين أنَّ الكَوْنَ خُلِق منذُ حوالى 13 بليون سنة بانفِجارٍ هائلٍ يُسَمَّى الإنفجارَ العَظيم. وفي لَحظةٍ من الزَّمَن، أقْصرَ من أنْ تُقاس، وُلِدَ الكَوْن. لقد كانَ الكَوْنُ كمِّيَّةً هائلةً من الطاقة مُرْتَصَّةً في حَيِّزٍ أصغرَ من أن يُتَصَوَّر. ثُمَّ في جُزْءٍ من الثانية أخذَ يتمَدَّد، فنَمَا من رُقْطَةٍ أدَقَّ من رأسِ الدبّوس إلى حجْمٍ يَفوقُ المَجَرَّة. وما زالَ الكَوْنُ في حالِ تَمدُّدٍ مُنْذئذٍ – فسُبحان الذي بيَدِه مَلكوتُ كُلِّ شيءٍ، وهو على كُلِّ شيءٍ قدير.

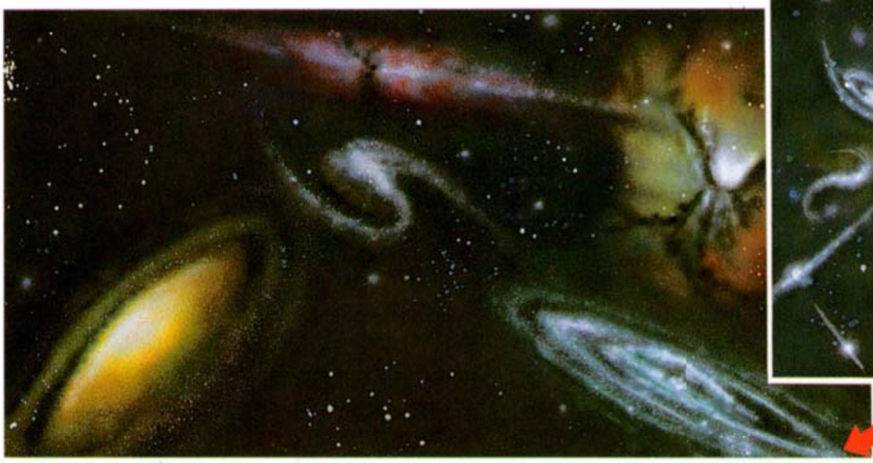
وقد تَحوَّلَتِ الطاقةُ المُخَلَّفةُ في الإنفِجار العَظيم إلى جُسَيْماتٍ ذَرِّيَّة. وخِلال حوالى ثلاثِ دقائق، هبَطَتْ دَرجةُ الحرارة من 10^{28}ºس إلى بِليون ºس واستمَرَّتْ في الهُبوط. وكان الكَوْنُ عندئذٍ يتألَّفُ من 77 بالمئة هِدْروجين وَ23 بالمئة هِلْيوم. وتاليًا تكوَّنتْ كُلُّ العناصِر والمُرَكَّبات الأُخرى المُتَواجِدةُ اليومَ من ذَلِكُما العُنْصرَيْن.

وعندما بلَغَ عُمْرُ الكَوْنِ 300 000 سنة، أصبَحَ شَفَّافًا، بعْدَ أنْ كان أشبَهَ بِسَبْحٍ حَسائيٍّ كامِدٍ، وهبطَتْ درجةُ حرارتِه إلى 3000ºس. وبَعْدَ حوالى بليون سنة من الإنفجارِ العَظيم، أخذَتْ جُسَيْماتُ الهِدْروجين والهِلْيوم تَتجمَّعُ وتَتلامُّ سُحُبًا بفِعْلِ الجاذبيَّةِ مُؤلِّفَةً كُرَاتٍ مُدَوِّمةً من الغاز – فكانت النُّجومُ والمَجَرَّاتُ الأُولى.









◄▲ لا تزالُ المادَّةُ تَبْرُدُ وتَتغَيَّرُ وتَمْتَدُّ بَعيدًا عن نُقْطةِ الإنفجارِ العَظيم منذُ حدوثه. وهي على مَدى حوالى رُبْع المليون الأوَّل من السِّنين، كانت «سَبْحًا» من جُسَيْماتِ الهِدْروجين والهِلْيوم يَتَلامُّ ويَتَجَمَّعُ معًا بِبُطءٍ مُكَوِّنًا النُّجومَ والمَجَرَّات.

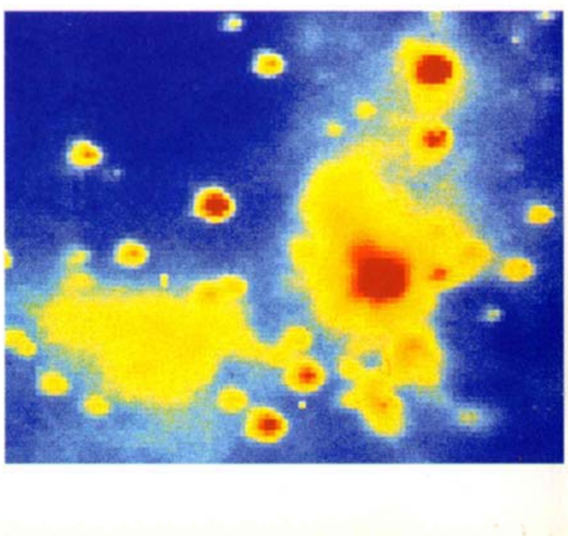


1 لم يكُنْ يوجَدُ شيءٌ قبْلَ الإنفجارِ العَظيم. كُلُّ ما نَعْرفُه هو أنَّه خِلالَ جُزْءٍ ضئيلٍ من الثانية تَخَلَّقَ ما يَكفي من الطاقة لتكوينِ كُلِّ المادَّةِ المُتَواجِدةِ في الكَوْن. ومع تَبَرُّدِ الكون تحَوَّلَتْ تلكَ الطاقةُ إلى جُسَيْماتٍ ذَرِّيَّة.

2 مُباشَرةً بعْدَ الإنفجارِ العَظيم كانَ الكَوْنُ أصغَرَ من أن يُتَصَوَّر. ثُمَّ بَدأ يَتمَدَّدُ فَجْأةً مُنْتَشِرًا بِحُجوم ضَخْمةٍ في كُلِّ اتِّجاه. وكانَ الكَوْنُ زاخِرًا بالطاقةِ فارتفعَتْ دَرَجاتُ حرارته ارتفاعًا عظيمًا.

3 كانَ لا بُدَّ للكَوْنِ أنْ يَبْرُدَ من درجةِ حرارةٍ تَبْلُغُ حوالى 10^{28}ºس إلى حوالى 3000ºس قَبْلَ أن تَتمَكَّنَ الذرَّاتُ، وهي الوَحَداتُ الدَّقيقةُ للمادَّة، من التكَوُّن. وكانتِ الذرَّاتُ في مُعظمِها من الهِدْروجين – أبْسَطِ المَوادِّ وأكثرِها وَفْرةً في الكَوْن. وكانت البَقيَّةُ ذرَّاتٍ من الهِلْيوم الأكثَرِ تَعْقيدًا.

4 الهِدْروجينُ والهِلْيوم مَلآ الكونَ بِضَبابٍ رَقيقٍ داكِن. فكانتْ ذَرَّاتُ الغازِ في الأَجزاءِ الأكثَفِ تَتَلامُّ، بفِعْلِ الجاذبيَّة، في سُحُبٍ مُنْفَصلةٍ أصغرَ بكثير. فاشتَدَّتْ حَماوةُ مَراكِزِ السُّحُب، حيثُ تَراصَّتْ ذَرَّاتُ الغازِ مُوَلِّدةً نُجومًا أثناءَ تكَوُّنِ المَجَرَّات.



▼ هذه السَّحابةُ البارِدةُ الكثيفة من الهِدْروجين، في كَوكبةِ الجَبَّار، تُوَلِّدُ نُجُومًا. وتُشيرُ الألوانُ إلى دَرجاتِ الحرارة المُخْتلفة للسَّحابة وللنُّجوم المُرْتَزَّة فيها. غُبارُ السَّحابةِ مُبَيَّنٌ بالأَصْفر، ويَبْدو نَجْمٌ وَليدٌ مُتألِّقٌ (بالأحمر) في الوَسَط إلى اليَمين.

شَواهِدُ على نظريّةِ الانفجارِ العَظيم

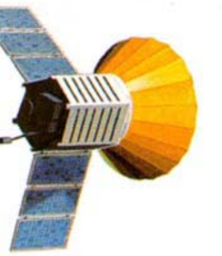
يَسْتَغْرِقُ الضَّوءُ بَلايينَ السِّنين لِيَصِلَ إلينا من المَجرَّاتِ النائيَةِ، وبذلك يُمكِنُنا تعَرُّفُ أوضاعَ تِلكَ المَجرَّات في قديم الأزمان. فباستِخْدام تِلِسْكوباتٍ (مَقاريب) قَويَّةٍ يُمكِنُنا التطلُّعُ عَبْرَ الزَّمَن إلى يوم كانت المَجرَّاتُ فَتِيَّةً والكَوْنُ في مَراحِلِ طُفُولَتِه. وأقْصى الأجرام بُعْدًا، التي نَسْتطيعُ مُشاهدَتَها، هي المَجرّاتُ كما كانت عليه منذُ عشَرة بلايينَ سَنةٍ.

تَتَباعَدُ المَجرّاتُ بعضُها عن بعض باستِمْرار، مِمَّا يُوحي أنَّ كُلَّ شيءٍ كان في ما مَضَى مُرَكَّزًا في مَوقعٍ واحِد. وفي عام 1965، توالَتْ شواهِدُ إضافيَّةٌ على الانفِجارِ العَظيم باكتِشافِ العُلَماءِ أمواجًا حراريَّةً مُتَبَقِّيَةً من ذلك الانفِجارِ الضَّخْم آتِيَةً من كُلِّ اتِّجاهٍ في الفَضاء. وفي عام 1992، اكتشَفَ ساتِلُ سَبْرِ الخَلْفيَّة الكَوْنيَّة (كوبي) تلكَ التمَوُّجاتِ في الحرارة التي أحدَثَها التبَرُّدُ الذي تَلا الانفِجارَ العَظيم. هذا ويُدْرِكُ الفَلَكيُّون أنَّهم لم يتوَصَّلوا بعْدُ إلى اكتِشافِ غالِبيَّةِ مادَّةِ الكَوْن - التي يُسَمُّونها المادَّةَ القاتِمَة؛ وهي تُؤَلِّفُ حوالى 90 بالمئة من مادَّةِ الكَوْن. ورُبَّما عندما تُكْتَشَف ستُزَوِّدُنا بما يَسُدّ بعضَ الفَجَواتِ في سِيرةِ حياةِ الكَوْن.

مُسْتَقْبَلُ الكَوْن

عُلماءُ الكونيّات هم فَلكيُّون يَدْرسون أصْلَ الكَوْن، كما يَهتمُّون أيضًا بمُسْتَقْبلِ الكَوْن. بعضُ هؤلاء الكَوْنيّين يعتقِدُ أنَّ الكَوْنَ سيَسْتَمِرُّ بالتمَدُّد فيَغْدو أكبَرَ وأبرَدَ. وفي نهايةِ المَطاف تَموتُ كُلُّ النُّجوم ويُصبِحُ الكَوْنُ بارِدًا ومُظْلِمًا. والمَعْروفُ أنّه بتَباعُدِ المَجرّاتِ بعضُها عن بعض، تعمَلُ جاذبيَّةُ الواحِدَةِ منْها على الأُخَر مُبَطِّئةً ذلك التمَدُّد. ويَرْتئي بعضُهم أنَّه بَعْدَ أُلوفِ بَلايين السِّنين ستَكُونُ الجاذبيَّةُ قد أبطأَتِ المَجرّات تمامًا، حتَّى وَضْعِ السُّكون.

ثُمَّ تَعودُ الجاذبيَّةُ إلى شَدِّ المَجرَّاتِ بعضِها نحو بعض مُجَدَّدًا. فيَتَقَلَّص الكَوْنُ حتَّى يتَراصَّ كُلُّه في نُقْطةٍ واحدة. وخِلالَ عمليَّةِ التراصِّ هذه تَزْدادُ حَماوَةُ الكَوْنِ أكثَرَ فأكثَرَ حتَّى يَتَقَوَّضَ في انفِجارٍ نحو الدَّاخل يُسَمَّى الانسِحاقَ العَظيم. فيُدَمَّرُ كُلُّ شيءٍ وتكُونُ نهايةُ الكَوْن. لكِنْ، قد يَتْبَعُ ذلك انفِجارٌ عَظيمٌ آخَرُ ويَتخَلَّقُ كَوْنٌ جَديد.



في العام 1992، أُعلِنَ أنَّ ساتِلَ سَبْرِ الخَلْفيَّة الكَوْنيَّة (كوبي) قد تَتَبَّعَ إشعاعاتِ الخَلْفيَّةِ والتمَوُّجاتِ المُتَبَقِّيَةَ من الانفجارِ العَظيم، الذي حدثَ قبْلَ 13 بِليون سَنة.

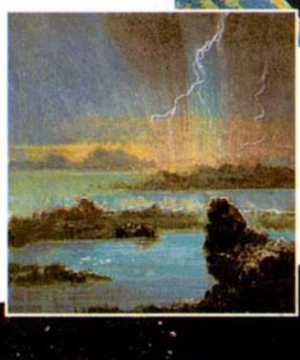
لا نَعْرِفُ تمامًا متى نَشَأَ الكَوْنُ، لكِنْ يرتئي الفَلَكيُّون الآنَ أنَّ ذلك حَدثَ منذُ 13 بليون سنة. فكُلُّ أشكالِ المادَّة في الكَوْن، والزَّمَنُ والفَضاءُ، تخَلَّقَتْ معًا في الانفِجارِ العَظيم. كانتِ المادَّةُ، في البداية، جُسَيْماتٍ ذَرِّيَّةً، ثُمَّ ذرّاتٍ ومُرَكَّبات. وهكذا كُلُّ الأشكالِ المُعَقَّدة التي نَعْرِفُها اليومَ، بما فيها كوكبُنا وبيُوتُنا وأَجْسادُنا، قد سلكت هذا السَّبيل في بداياتها.



تكَوُّنُ النُّجوم الأُولى داخِلَ سُحُبٍ ضَخْمةٍ من الغازِ والغُبار



تكَوُّنُ المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة



عواصِفُ مُبْرِقة على الأرضِ الفَتِيَّة



5 منذُ حوالى 4,6 بِليون سَنة تكَوَّنَ نَجْمُنا المَحَلِّيُّ - الشَّمْس. وقد كان يُحيط بها سَحابةٌ من الغازِ والغُبارِ تَحْوي موادَّ كالكربون والأُكسجين - وهي موادُّ كانت قد تكَوَّنَتْ في نُجوم أقدم ثُمَّ انْعَصفَتْ في الفَضاءِ بعْدَ مَوْتِ تلك النُّجوم وتَجَمَّعَتْ لِتُكَوِّنَ الكواكِب.

6 ظهَرتْ أُولى الخلايا الحَيَّة على الأرض منذُ 3,5 بِليون سَنة. أمَّا كيفَ بَدأتِ الحياةُ فأمرٌ لا يَزال مَجهولًا. ولعَلَّ العواصِفَ المُبْرِقةَ وفَّرتِ الطاقةَ لِبَدْءِ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في «سَبْخٍ» مُلائم من العَناصِر على الكوكَبِ الفَتِيِّ فكانتِ الخلايا الحيَّة الأُولى.

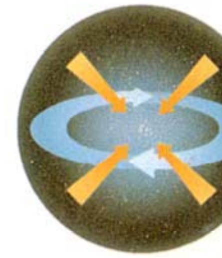
7 لقد استَغْرَقَ تطَوُّرُ الإنسان البَشريِّ جُزْءًا من عشَرة آلاف من الزَّمَن منذُ الانفِجارِ العَظيم. ويُحاولُ العُلَماءُ حاليًّا استِجْلاءَ قِصَّةِ الكَوْنِ بإرسالِ سواتِلَ فَضائيَّةٍ تتقَصَّى أوضاعَ الكَوْنِ عَبْرَ الأزمان السَّحيقةِ القِدَم.

اُنْظُر أيضًا
الكَوْن ص 386 - 387
المَجرَّات ص 390 - 391

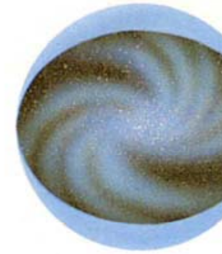
المَجَرَّات

تَتواجَدُ المَجَرَّاتُ في سائرِ أرجاءِ الكَوْن. وهي مَجْموعاتٌ هائلةٌ من النُّجوم يُمسِكُها معًا شَدُّ الجاذبيَّة. ونحنُ نَعيشُ في ذِراعٍ حَلَزونيَّةٍ من مَجَرَّةِ دَرْبِ التبَّانة (الدَّرْب اللَّبَنيَّة).

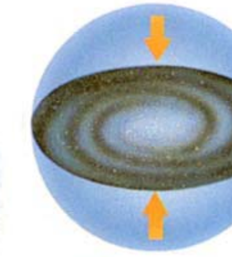
▼ تَبْدأُ المَجرَّاتُ كُتَلًا ضَخْمةً من الغاز. وبانكِماشِها تحتَ ضَغْطِ الجاذبيَّة، يتكثَّفُ الغازُ في مَرْكز الكُتلةِ بما فيه الكفاية لِبَدْء عمليَّةِ تكوُّنِ النُّجوم. بعضُ المَجرَّاتِ تَبْدأ بالتَّدْويم، مُكوِّنةً مَجرَّةً حَلَزونيَّةً أو مَجرَّةً لَولَبيَّةً قَضيبيَّةً يَخْترِقُها قضيبُ النجوم والغازِ عبْرَ طرَفَي الذِّراعَيْن الحَلَزونيَّيْن.



1 كُتْلةٌ من الغاز بطيئةُ التدويم تتقوَّضُ بِضَغْطِ الجاذبيَّة، فتَتكوَّنُ النُّجومُ الأُولى في المَرْكز. وبانكِماشِ السَّحابةِ الناتِج، تَزْدادُ سُرْعةُ دَورانِها.



2 تَلْتَقي السُّحُبُ الغازيَّةُ في القُرْصِ المُدَوِّم، فتَجْذِبُ مَزيدًا من السُّحُبِ بفِعْل جاذبيَّتِها الإضافيَّة. فتَبْدأُ النُّجومُ بالتكَوُّنِ هنا أيضًا.



3 لم يَبْقَ غازٌ في المَرْكزِ ليُكَوِّنَ نُجومًا جديدة. لكِنَّ الأذرُعَ حافِلةٌ بِمَوادَّ نَجْميَّةٍ خامِيَّة؛ والمَجَرَّةُ هي الآنَ في رَبيعِ حياتِها.

أيْنَما تَطَلَّعْتَ في الكَوْن تَجِدْ مَجرَّاتٍ. فهنالك بَلايينُ منها – تجَمُّعاتٌ ضَخْمةٌ من النُّجوم والغازِ والغُبار. كُلُّ مَجرَّةٍ منها قد تَحْوي مئاتِ الألوف من النُّجوم أو حتّى عدَّةِ بلايين.

تُصَنَّفُ المَجرَّاتُ بِحَسَبِ أشكالِها. والأَصْنافُ الرئيسيَّةُ الثلاثةُ هي الإهليلَجيَّةُ والحَلَزونيَّةُ واللَّولَبيَّةُ القضيبيَّة. وتؤلِّفُ المَجرَّاتُ غيرُ المُنْتظِمة، التي لا شَكْلَ مُمَيَّزًا لها، الصِّنْفَ الرَّابع. أكثَرُ من نِصْفِ المَجرَّاتِ التي يُمكِنُنا رُؤيتُها مَجرَّاتٌ إهليلَجيَّة تَتراوَحُ حَجْمًا بين أصغَرِ المَجرَّاتِ وأكبَرِها، وتَحْوي كميَّاتٍ ضَئيلةً من الغازِ أو الغُبار، فلا مجالَ لأن يَحْدُثَ فيها تكَوُّنٌ نَجْميّ. إجمالًا حوالى ثُلْثِ المَجرَّات إمَّا حَلَزونيَّةٌ أو لَوْلبيَّةٌ قَضيبيَّة تَحْوي في مراكزِها نُجومًا قديمةً، وتَضُمُّ أذرُعُها نُجومًا فَتِيَّةً وأُخَرَ جديدةً يَجْري تَوَلُّدُها من سُحُبِ الغازِ والغُبار. النُّجومُ الفَتيَّةُ شَديدةُ التألُّقِ تفوقُ في تألُّقِها النُّجومَ بين اللَّوالِب.

الفَلَكيُّون لا يَعرفون على وَجهِ الدِّقَّة لماذا تَتَّخِذُ المَجرَّاتُ هذه الأشكال؛ لكِنْ قد يكونُ ذلك نتيجةً للطريقةِ التي تَنَشَّأَتْ بها. فكمِّيَّةُ المَوادِّ في المَجرَّة وسُرْعةُ تَدْويمها وسُرْعةُ تكوُّنِ النُّجوم فيها كُلُّها عوامِلُ تُسْهِمُ في تَحْديدِ شَكْلِ المَجرَّة. وقد درسَ الفَلَكيُّونَ أيضًا المَجرَّاتِ المُتَصادِمَةَ وشاهدوا كيف أنَّ اثنتَيْن منها قد تَتضامَّان معًا مُكوِّنةً مَجرَّةً جديدةً ضَخْمةً واحدة نَتيجةً لِصَدْمةٍ مُباشرةٍ أو مُنْشَطِفَةٍ تؤدِّي إلى فَتْرةِ تكوُّنِ نُجومٍ بالِغِ الشِّدَّةِ في المَجرَّةِ الجديدة. ويُعْتَقَدُ أنَّ المَجرَّاتِ سَتَسْتَمِرُّ بالتَّضامِّ على هذا النَّسَق، في المُستَقْبل، حتّى تَغْدو المَجرَّاتُ أقلَّ عددًا لكِن أضخمَ مِمَّا هي عليه حاليًّا.

المَجرَّاتُ النَّشِطَة

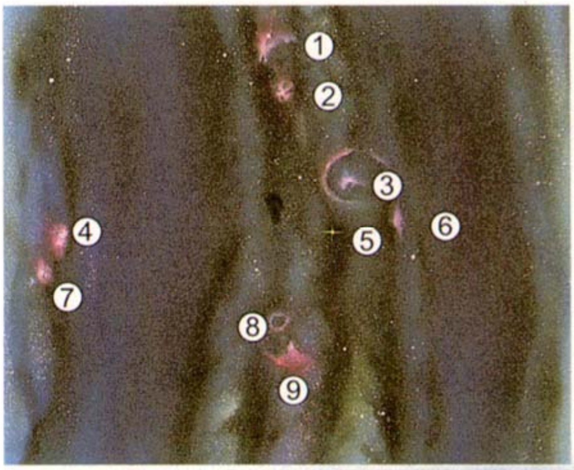
هنالك بعضُ المَجرَّاتِ المَعْروفة بالنَّشِطة، تَخْتلِفُ خصائصَ ومَظْهرًا عن سِواها. المَجرَّةُ النَّشِطةُ النَّموذجيَّةُ تَحْوي قَلْبًا بالِغَ الضِّيائيَّةِ مُتَغيِّرَ النُّصوع يَنْبَعِثُ منه مِنْفثان نافوريَّان ضَخْمان من المَوادّ. وفي مَرْكزِه تمامًا، حَلْقةٌ مُتَوهِّجةٌ من

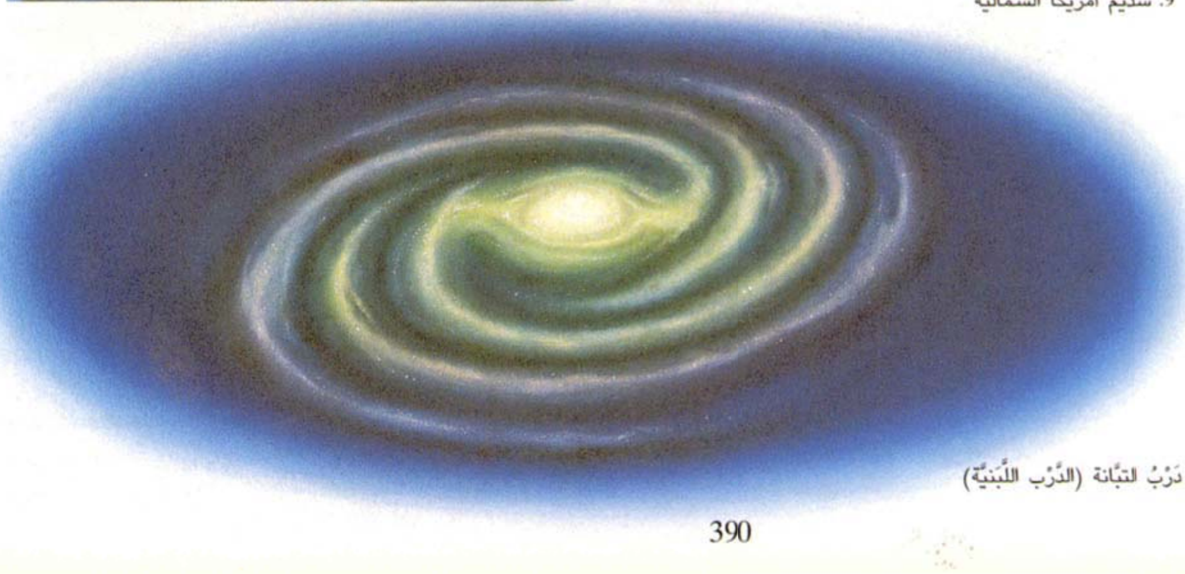
دَرْبُ التَّبَّانة

المَجَرَّةُ التي نَعيشُ فيها تُسَمَّى دَرْبَ التبَّانة (الدَّرب اللبَنيَّة). والناظِرُ إليها من الخارج، يَراها مَجَرَّةً لَولَبيَّةً قضيبيَّةً تَضُمُّ أكثرَ من 200 بليون نَجْم. وتَتَمَوْضَعُ شَمْسُنا في أحد أذرُعِها اللَّولَبيَّة. وتتألَّفُ هذه الأذرُعُ من نُجومٍ وسُدُمٍ من الغازِ والغُبارِ حيثُ تتوَلَّدُ نُجومٌ جديدة. ويَحْوي المَرْكزُ نُجومًا أقْدَم. تَسْتَغْرِقُ الشَّمْسُ حوالى 220 مليون سنة لِتَدورَ دورةً واحدةً حوْلَ مَرْكزِ المَجرَّة التي يَبْلُغُ قُطْرُها 100 000 سنة ضَوئيَّة وسَماكتُها 2000 سنة ضَوئيَّة.

جيرانُ الشَّمس في دَرْب التبَّانة

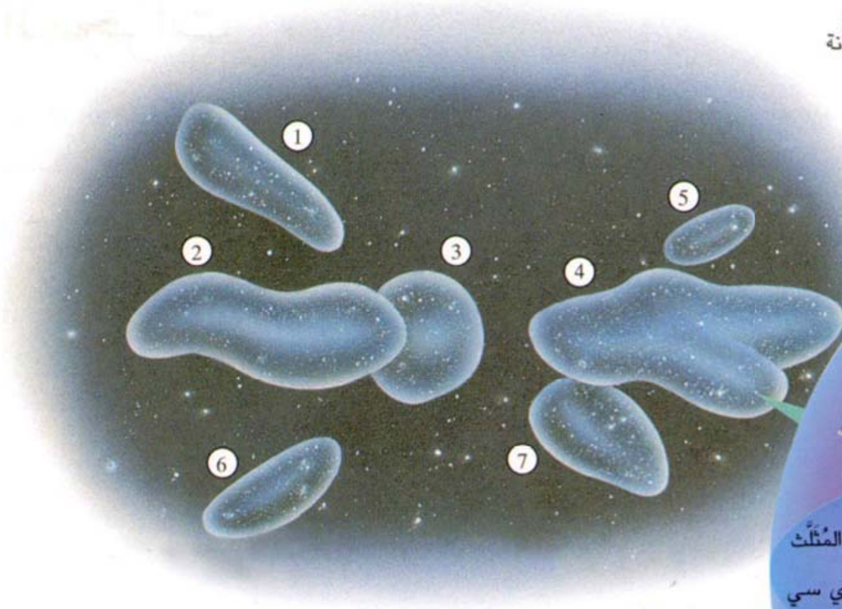
1. سَديمٌ مَخْروطيّ
2. سَديمٌ وَرْديّ
3. سَديمُ الجَبَّار
4. سَديمٌ هَوريّ
5. المَنْظومةُ الشَّمْسيَّة
6. سَديمٌ كاليفورنيا
7. سَديمٌ ثُلاثيُّ الثُّلَم
8. بَقايا المُتَجَدِّد الأعظم الشِّراعيّ
9. سَديمٌ أمريكا الشماليَّة



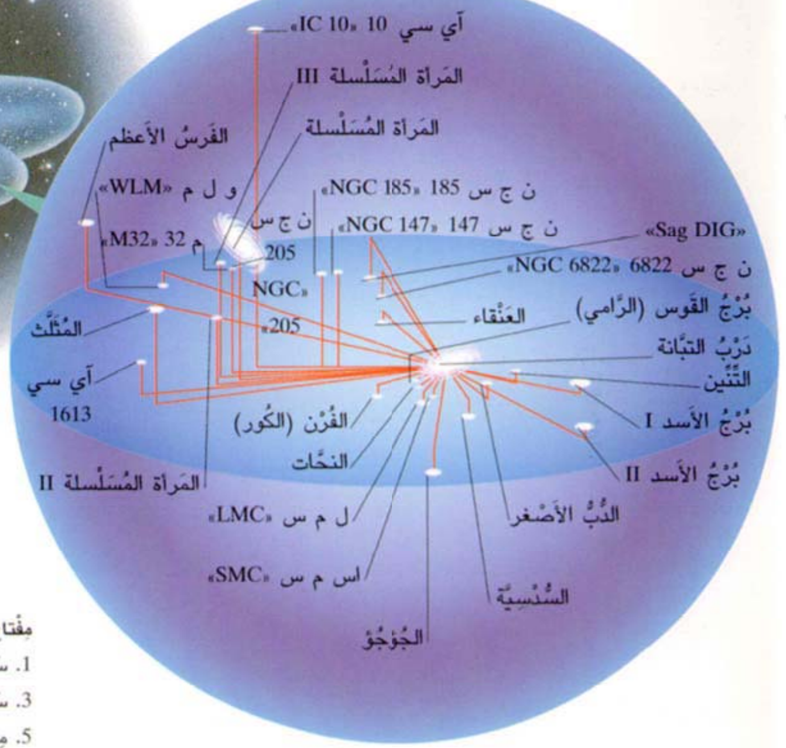


دَرْبُ التبَّانة (الدَّرْب اللَّبَنيَّة)

▼ مَجْموعةُ المَجرَّاتِ المَحَليَّة (أدناه) تَمْلأُ حَجْمًا من الفَضَاء يَبْلُغُ قُطْرُه حوالى 5 ملايين سَنة ضَوئيَّة. وجاذبيَّةُ المَجرَّاتِ الثلاثِ الأَعْظم كُتْلةً – وهي دَرْبُ التبَّانة والمَرأة المُسَلْسَلة (أندروميدا) والمُثلَّث – تَجْذِبُ أفرادَ المَجْموعة الأُخَر حَوْلَها. وهذه هي اللَّوالبُ الثلاثة فقَطْ في الحَشْدِ القِنْويّ. والمَجرَّتان اللاَّمُنْتظِمتان سَحابتا مَجِلاَّن الصُّغْرى والكُبْرى – تَدُوران حولَ دَرْب التبَّانة.



▲ قِنوانُ المَجرَّات المَحليَّة العُظْمَى يفُوقُ مداها من جانبٍ إلى آخر 100 مليون سنة ضَوئيَّة؛ وتَحْوي عدَّةَ آلافٍ من المَجرَّات. وتتواجَدُ هذه المَجرَّاتُ في قُنوانٍ مجرّيةٍ تَمْلأُ حُجُومًا من الفَضَاءِ سَحابيَّةَ الشَّكْل. أمّا مَجرَّتُنا دَرْبُ التبَّانة، داخِلَ المَجْموعةِ المَحليَّة، فهي على مَقْرُبةٍ من الحافَّةِ الخارجيَّةِ لِسَحابةِ السَّلُوقيَّيْن.



مِفْتاحُ الرُّموز لِقُنوان المَجرَّاتِ المَحَليَّةِ العُظْمَى
1. سَحابةُ السُّنْبُلَة III
2. سَحابةُ السُّنْبُلَة II
3. سَحابةُ السُّنْبُلَة I
4. سَحابةُ السَّلُوقيَّيْن
5. مِهْمازُ السَّلُوقيَّيْن
6. سَحابةُ الباطيَة
7. سَحابةُ بُرْجِ الأَسد II

الغُبارِ والغازِ تُحيطُ ثَقْبًا أسْودَ فائقَ الضَّخامة. الكوازاراتُ والبلازاراتُ ومَجرَّاتُ سيفِرْت والمَجرَّاتُ الرَّاديويَّةُ كُلُّها أمثلةٌ على المَجرَّاتِ النَّشِطة. لكِنَّ الفلكيِّين يرتأون أنَّ نَمُوذجًا واحدًا يُمكِنُ أنْ يُمثِّلَ هذه الأنماطَ المُختلِفة، وأنَّها إنَّما صُنِّفَتْ في مَجْموعاتٍ نَتيجةً لِلزوايا التي تَظْهر بها عندما نُشاهِدُها في سَمائنا.

القُنوان والقُنيان العُظْمَى

تَحْشِدُ المَجرَّاتُ في مَجْموعاتٍ تُسَمَّى قُنوانًا (أو قُنيانًا أو أقناءً). فمَجرَّتُنا – دَرْبُ التبَّانة – هي إحدى قُرابةِ 30 مَجرَّةً تؤلِّفُ قِنْوًا صغيرًا يُسَمَّى المَجْموعةَ المَحَليَّة. ومُعظمُ المَجرَّاتِ في هذه المَجْموعة صغيرةٌ وخافِتَةٌ؛ وحوالى نِصْفها إهليلَجيَّةُ الشَّكْل، وقُرابةُ ثُلثُها غيرُ مُنْتظِمة الشَّكْل.

وثلاثٌ منها مَجرَّاتٌ حَلَزونيَّةٌ هي الأكبرُ كُتْلةً والأشَدُّ تألُّقًا. وتَحْتشِدُ عِدَّةُ آلافٍ من المَجرَّات في قُنوانٍ أكبَر. فقِنْوُ السُّنْبُلَة، على بُعْد حوالى 50 مليون سنة ضوئيَّة، يَحْوي أكثر من 2000 مَجرَّةٍ – منها ثلاثٌ إهليلَجيَّةٌ عِملاقَة وكثيرٌ من اللَّولَبيَّاتِ الناصِعَة.

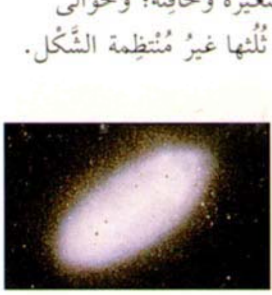
وتَنْتظِمُ القُنوانُ في مَجْموعاتٍ، أكبَرَ حتّى من العِملاقة، تُسَمَّى القُنيانَ العُظْمَى؛ وهي البِنَى الأعْظمُ في الكَوْن إذْ يَزيدُ قُطْرُها على 100 مليون سَنة ضَوئيَّة. ويُمكِنُ أنْ يَحْوي القِنْوُ الأعظمُ عَشَراتِ القُنْيان. فالمَجْموعةُ المَحليَّةُ تَنْتمي إلى قِنْوٍ أعظمَ مُتمَرْكِزٍ على قِنْوِ السُّنْبُلة. ويتألَّفُ القِنْوُ الأعظمُ هذا من 11 قِنْوًا رئيسيًّا سَحابيَّةَ الشَّكْل في حَيِّزٍ فَضائيٍّ مُسْتطيلِ الشَّكْل تقريبًا.



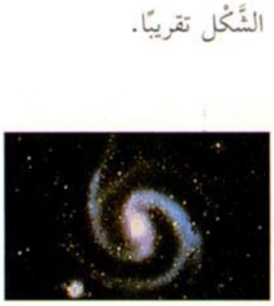
هذا المَنْظرُ في أرجاءِ الفَضَاء استَغْرقَ تَنْفيذُه عَشَرة أيّام. فكُلُّ الأجْرام، سِوى واحدٍ، هي مَجرَّاتٌ تُشاهَدُ للمَرَّةِ الأُولى في هذه الصُّورة. أخْفَتُ هذه المَجرَّات هي حوالى أربعةِ بلايين مرَّة أكثرَ خُفوتًا مِمَّا يمكِنُنا رؤيتُه بالعَيْن المُجَرَّدة. وبِسَبَب المَسافاتِ الشاسِعَةِ فإنَّ ضوءَها يَسْتَغْرِقُ عشرة بلايين سَنة ضَوئيَّة لِيَصِلَ إلى الارض – أي إنَّا نَرى هذه المَجرَّات حاليًّا كما كانت منذُ عشَرة بَلايين سَنَة.



هذه المَجرَّاتُ لا شَكْلَ مُعَيَّنًا لها فتُصنَّفُ كمَجَرَّاتٍ غيرِ مُنْتظِمة. وهي تَحْوي الكثيرَ من الغازِ والغُبار.



المَجرَّاتُ الإهليلَجيَّةُ هي مَجرَّاتٌ كُرَويَّةُ الشَّكْل، تَتَراوحُ بين شَكْلٍ كُرَويٍّ تقريبًا وبين شَكْلِ كُرَةٍ مُتَطاولةٍ مَهْصُورة.



المَجرَّاتُ الحلَزونيَّةُ قُرْصيَّةُ الشَّكْل؛ تَتشَعَّبُ من نَواتِها المَرْكزيَّةِ أذرُعٌ تَتَراوحُ بين المَشْدودةِ والرَّاخِيَة.



اللَّولَبيَّاتُ القضيبيَّةُ تَحْوي نَواةً قضيبيَّةَ الشَّكْل تَتشَعَّبُ منها أذرُعٌ تَتَراوحُ بين المَشْدُودةِ والرَّاخِيَة.

أُنْظُر أيضًا
النُّجوم ص 392 – 393
الشَّمْس ص 394 – 395
دِراسةُ الكَوْن ص 414 – 415

النُّجُوم

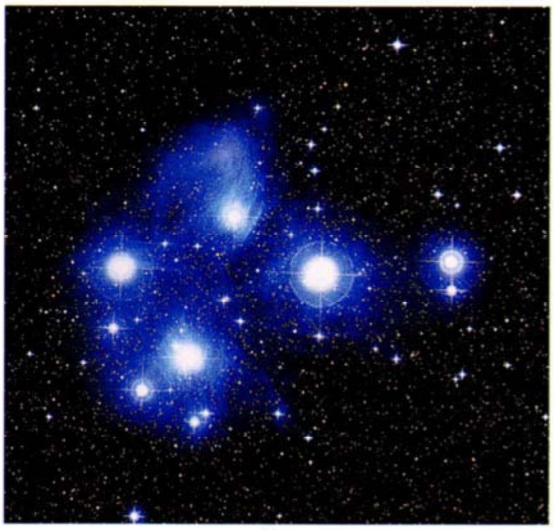
الكون يَحْوِي بَلايينَ النُّجوم، وكُلُّ نَجْمٍ منها هو كُرَةٌ من الغاز المُتوَهِّجِ يَتغَيَّرُ حَجْمُها ودَرجةُ حرارتها ولَوْنُها خِلالَ عُمْرِها المَديد.

هنالك نُجومٌ أكثَرُ من أيِّ شيءٍ آخر في الكَون. وشَمْسُنا طبعًا هي النَّجْمُ الأقْرب. أمَّا باقي النُّجومُ فتَبْدو فقَطْ كنِقاطٍ ضوئيَّةٍ مُتألِّقةٍ في السَّماءِ ليلًا. والفَلكيُّون يدرسون ضَوءَها لِتعرُّفِ مُقوِّماتِها ومَدى ضَخامتِها ودرجةِ حرارتِها.

تختلِفُ النُّجومُ حجمًا ولَونًا. ومع أنَّها كُلَّها حارَّةٌ، فإنَّها مُتبايِنةٌ مدَى دَرجاتِ الحرارة. ويتألَّفُ كُلُّ نجمٍ من غازٍ مألوفٍ على الأرض ويتماسَكُ بعضُه مع بعض بفِعْلِ الجاذبيَّة. في داخِلِ قَلْبِ النَّجْم، يتحَوَّلُ الهِدْروجين إلى هِلْيوم في تفاعُلِ اندِماجٍ نَوَويٍّ يُنْتِجُ ويَبْعثُ كمِّيَّاتٍ هائلةً من الطاقة. نحنُ نَشْعُر ببَعضِ طاقةِ الشَّمْس كحرارة، كما نَراها ضَوءًا. لكِنَّ أشكالًا أُخرى من الطاقة، كالأشِعَّةِ فوقَ البَنفسجيَّة والأشِعَّةِ السِّينيَّة، تُبْعَثُ أيضًا من الشَّمْسِ والنُّجوم.



الفَلكيُّ الدانِمَرْكيُّ إجنار هِرْتزْسْپِرَنْج (1873 – 1967) تعَمَّق في دِراسةِ النُّجوم. ففي عام 1906، لاحظَ أنَّ درجةَ حرارة النَّجْم وسُطوعَه مُترابِطان – بحيثُ يُمكِنُ ترتيبُ النُّجوم في أُسَرٍ تتراوحُ بين الحارَّة المُتألِّقةِ والبارِدةِ الخافِتة.

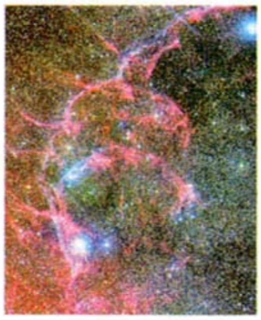


وُلِدَ قِنْوُ الثُّرَيَّا (پْلِيادِس) من سديمٍ من الغازِ والغُبار منذُ حوالى 78 مليون سنة. وفيه عدَّةُ مئات من النُّجوم، يُرى ستَّةٌ أو سبعةٌ منها بالعَيْنِ المُجَرَّدة، وتُحيط بها كمِّيَّةٌ كبيرةٌ من مَوادَّ سَديميَّةٍ مُتألِّقة.

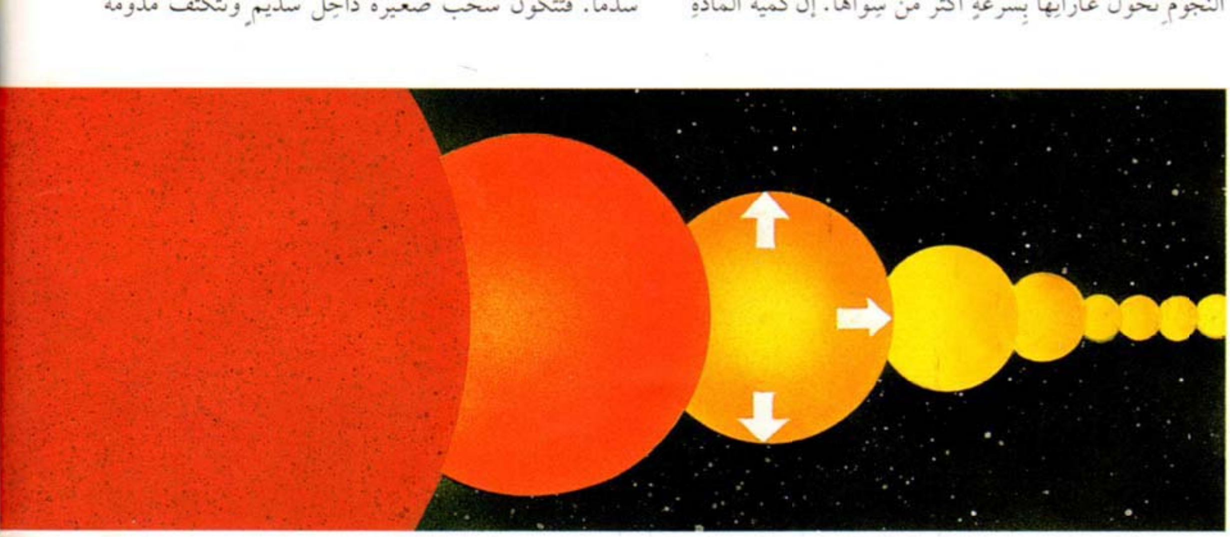
دَورةُ حياةِ النَّجْم

النُّجومُ التي نَراها في كَبِدِ السَّماء في مَراحِلَ مُختلِفةٍ من حياتِها. فجَميعُ النُّجوم تَبْدأُ بتَحْويلِ الهِدْروجين في قُلوبِها (مراكزِها) إلى هِلْيوم، وبعْدَ نَفادِ الهِدْروجين، يتَحَوَّلُ الهِلْيوم إلى عناصِرَ جديدةٍ كالكربون والأُكسجين. خِلالَ هذه العمليَّةِ تتغَيَّرُ حُجومُ النُّجومِ ويُطَّرَحُ بَعْضٌ من مَوادِّها وتتغَيَّرُ درجةُ حرارتِها ولَونُها. النُّجومُ الأكثَرُ حُمُوًّا هي الأشَدُّ زُرْقَةً؛ والنُّجومُ الصُّفْرُ أبرَدُ، والحُمْر أكثَرُ برودةً – مع أنَّ الأقزامَ الحُمْرَ تَظَلُّ ذاتَ درجةِ حَرارةٍ سطحيَّةٍ تَبْلُغُ 3000°س. بعضُ النُّجوم تُحَوِّلُ غازاتِها بِسُرعةٍ أكثَرَ من سِواها. إنَّ كمِّيَّةَ المادَّةِ التي يَتألَّفُ منها النَّجْمُ – أي كُتْلتَه – تُؤثِّرُ في مَدى حياتِه وفي مَراحِلِ تطوُّرِه وفي كيفيَّةِ مَوتِه واندِثاره في نِهايةِ المَطاف. كثيرٌ من النُّجوم، كالشَّمْس، تَسْطَعُ على مَدى آلافِ ملايينِ السِّنين قبْلَ نَفادِ وَقُودِها. ونُجومٌ أُخرى، ذاتُ كُتَلٍ أعظَمَ من كُتْلةِ الشَّمْس، تَسْتَهْلِكُ وَقُودَها بِسُرْعةٍ أكثَرَ فتُعَمِّرُ فَتَراتٍ أقصَرَ. كذلك تؤثِّر كُتْلةُ النَّجْم أيضًا في نُصوعِه؛ فبازدِيادِ كُتْلتِه يَزْدادُ تألُّقُه.

تَتوَلَّدُ جميعُ النُّجوم من سُحُبٍ من الغازِ والغُبار تُسَمَّى سُدُمًا. فتتكَوَّنُ سُحُبٌ صغيرةٌ داخِلَ سَديمٍ وتتكَثَّفُ مُدوِّمةً



هذه الجدائلُ من الغازِ هي بَقايا سَديمِ الشِّراع – وهو مُتَجَدِّدٌ أعظمُ تفَجَّر منذُ حوالى 12 000 سنة. ومآلُ هذا الغازُ في نِهايةِ المَطاف الاستِخْدامُ في تكوينِ نُجومٍ جَديدة.



◄ النُّجومُ مثلَ الشَّمْس، تَتْبَعُ دَورةً حياتيَّةً مُحَدَّدةً. فهي، كسائرِ النُّجوم الأُخرى، تولَدُ في سَديمٍ من الغازِ والغُبار. وحينما تَبْدأُ تَفاعُلاتُ الإندِماجِ النَّوَويّ، يَسْطَعُ النَّجْمُ. الشَّمْسُ نَجْمٌ مُتوالٍ رئيسيٌّ، وهي ستَسْطَعُ باستِمْرارٍ على عِدَّةِ بلايينَ من السِّنين حتَّى يُسْتَهْلَكَ الهِدْروجينُ فيها فتَنْتَفِخُ مُتحوِّلةً إلى عِملاقٍ احْمَر. ثُمَّ تاليًا ستَطْرحُ طَبَقاتِها الخارجيَّةَ بِبُطْءٍ في الفَضاء حتَّى لا يَبْقى منها سِوى قَلْبِها المُنْكَمِش وتَموت. ويَبْرُدُ جِسْمُها الصغيرُ الحارُّ إلى قَزَمٍ ابيض – جَمْرةٍ قاتِمةٍ بارِدةٍ في الفَضاء.

▲ بِدايةُ يتألَّقُ النَّجْمُ باطِّرادٍ بتحَوُّلِ الهِدْروجين إلى هِلْيوم.

▲ هِدْروجين القَلْب استُنْفِدَ تقريبًا؛ فيَتقبَّضُ القَلْبُ ويَزْدادُ حُمُوًّا.

▲ يَبْدأُ الهِلْيومُ بالتحَوُّلِ إلى كَرْبون. وتتحرَّكُ أجزاءُ النجمِ الخارجيَّةُ نحو الخارِج.

▲ يَزْدادُ حَجْمُ النَّجْم اكثَرَ فاكثَرَ، فيما تَبْرُدُ طَبَقاتُه الخارجيَّةُ، فيتَغيَّرُ لَونُها من البُرْتُقاليِّ إلى الأحْمَر.





وَشادَّةً المادَّةَ نحو المَرْكز بجاذبيّتِها. ومع انضِغاط المادَّةِ في المَرْكز تَرْتفِعُ درجةُ حرارتِها. وعلى حوالى درجةِ حرارةِ 10 ملايين °س، يَبْدأُ فيها تفاعُلٌ نَوَويٌّ ويُولَدُ النَّجْم.

مُعْظمُ النُّجوم تُولَدُ أزواجًا كالتَّوائم. وتتَوَلَّدُ هذه الأزْواجُ مع نُجومٍ أُخرى ضِمْنَ مَجْموعةٍ من النُّجوم تُسَمَّى قِنْوًا. بعضُ النُّجوم تُمضي بَقيَّةَ حياتِها كجُزْءٍ من قِنْوٍ؛ وبعضُها، في قُنوانٍ أُخرى، تَتَساقُ مُتَباعِدَةً كما حَصَل للشَّمْس وإخوانِها وأخواتِها من النُّجوم التي تَوَلَّدتْ معَها. هنالك نوعان من القُنْوانِ النَّجْميَّةِ في سَماءِ اللَّيْل: الأَقناءُ المُبَعْثَرَةُ، وهي مَجْموعاتٌ سائبةٌ لا شَكليَّةٌ من النُّجومِ الفَتيَّة التي ستَتَفَرَّقُ في نِهايةِ المَطاف؛ والأَقناءُ الكُرَويَّةُ، وهي تَحَشُّداتٌ مُتَراصَّةٌ وثيقةُ الترابُطِ من نُجومٍ أقْدم. هذه النُّجومُ تَوَلَّدت معًا وأمضَتْ حياتَها كجُزْءٍ من قِنْوٍ، وسَتَموتُ فيه. وعندما يبدأُ النجمُ بالسُّطوع يُسَمَّى نجمًا مُتواليًا رئيسيًّا. الشَّمْسُ نجمٌ مُتَوالٍ رئيسيٌّ، وهي ستَبْقى كذلك على مَدى بَلايينَ من السِّنين. ثُمَّ مع استِنْفادِ الشَّمْسِ مُحْتَواها من الهِلْيوم سَتَنْضَجُ مُتحَوِّلَةً إلى عِمْلاقٍ أحمَرَ قبْلَ بَدْءِ المَرْحلَةِ النهائيَّةِ من دَورةِ حياتِها - مَرْحلة المَوات.

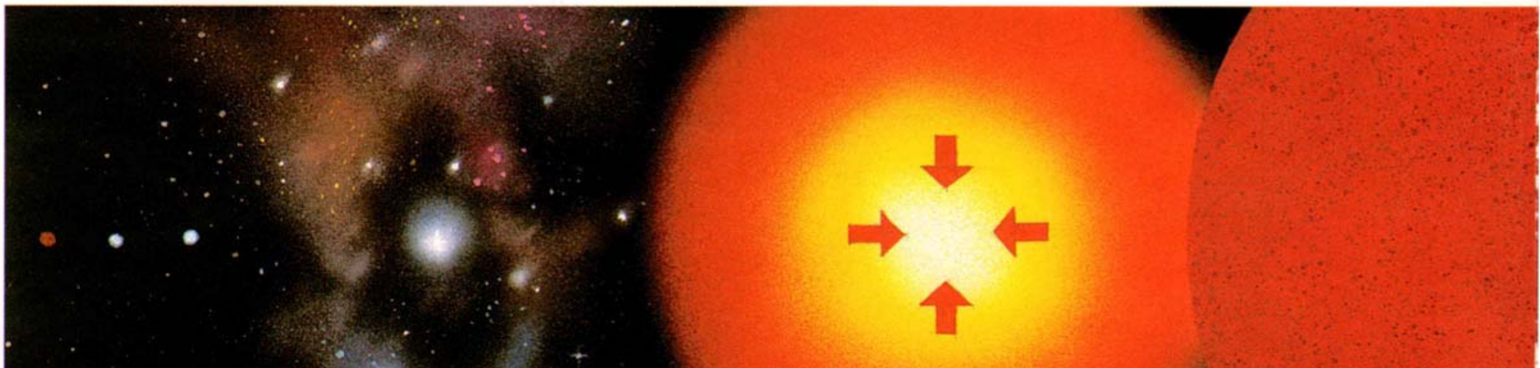
مَواتُ النَّجْم

النُّجومُ المَثيلةُ للشَّمْس تَبْقى بَلايينَ من السِّنين قبْلَ أن تموت، فاقِدَةً مادَّتَها ومُضْمَحِلَّةً ببُطءٍ لِتَنْهي حياتَها كنَجْمٍ قَزَم. أمَّا النُّجومُ التي تفوقُ كُتْلتُها حوالى ثمانيةِ أضعاف كتلةِ الشَّمْس فتُنْهي حياتَها بطريقةٍ أكثرَ دراماتيكيَّةً وإثارة. فعندما تتوَقَّفُ التفاعُلاتُ النَّوويَّةُ يَتقَبَّضُ النَّجْمُ وينفَجِرُ إلى مُتَجَدِّدٍ أعظَم (سوبَرْ نوفا) فيَزيدُ سُطوعه ملايين المرَّات على مَدى أسابيعَ أو أشهُرٍ مُخَلِّفًا وَراءه بقايا القَلْبِ فقط.

ويَعْتَمِدُ مُستقبَلُ بقايا قَلْبِ المُتجدِّد الأعظم على كُتْلتِه. فالنجمُ الذي تَبْلُغُ كتلَتُه ثلاثةَ أضعاف كُتلةِ الشَّمْس يَسْتَمِرُّ بالتقَبُّضِ حتَّى يَغْدو ثَقْبًا أسْودَ. والنُّجومُ الأقلُّ كُتْلةً من كُتلةِ الشَّمْس تُخَلِّفُ نجمًا نيوتْرونيًّا ضئيلًا. النجومُ النيوتْرونيَّةُ مُتَراصَّةُ المادَّةِ وفائقةُ الكثافَة بحيثُ إنَّ القَبْضةَ منها تَزِنُ بَلايين الأطنان. ويُسَمَّى النجمُ النيوتْرونيُّ المُدَوِّمُ بسُرْعة بَلْسارًا؛ ويُدَوِّمُ البَلْسارُ عِدَّةَ مَرَّاتٍ في الثانية مُبْتَعِثًا حُزَمًا من الطاقة، أشبَهَ بحُزَمِ مَنارةٍ دَوَّارة. وهذه النَّبَضاتُ الطاقيَّةُ يُمكن تَبيُّنُها إذا صادفَ وُقوعُ الأرض في مَسارِ هذه الحُزَمِ الضوئيَّة.

تَختلِفُ حُجومُ النُّجوم اختِلافًا عظيمًا. فأكبَرُها وهي الفائقةُ العَمْلَقة قد يَفوقُ قُطْرُها عِدَّةَ مئاتٍ أضعاف قُطرِ الشَّمْس. ويَليها حَجْمًا العَمالِقةُ الزُّرْقُ أو الحُمْرُ التي يَبْلُغُ قُطْرُها 100 ضِعْفِ قُطرِ الشَّمْس. النُّجومُ الزُّرْقُ هي الأشَدُّ حُمُوًّا وسُطوعًا. والنجومُ الأصغرُ هي الأقزامُ التي يَقِلُّ حَجْمُها كثيرًا عن حجمِ الشَّمْس.

▼ بعْدَ أنْ يَتقَبَّضَ النجمُ العاديُّ يُصْبِحُ قَزَمًا ابيضَ، ويَبْرُدُ في النِّهايةِ لِيُصْبِحَ قَزَمًا اسْودَ مَيْتًا.



▲ النجمُ الآنَ عِملاقٌ احمَر. وقد يَبْلُغُ حجمُه حوالى 100 ضِعفِ حجمِ النجمِ الأصليّ.

▲ يُسْتَنْفَدُ الوَقُودُ في القَلْبِ وتَتَوَقَّفُ التفاعُلاتُ النَّوويَّة. فيَتقَبَّضُ القَلْب.

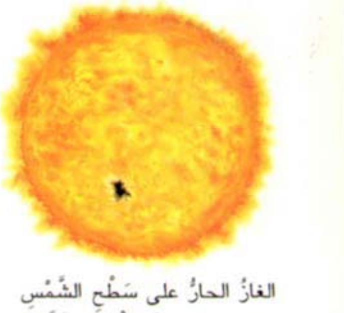
▲ تُطْرَحُ الطَّبَقاتُ الخارجيَّةُ في الفَضاء. ويَنْكَمِشُ القَلْبُ إلى حجمِ كوكَبٍ صَغير.

اُنْظر أيضًا

الحرارةُ والضوءُ من الشَّمْس ص 242 – 243
المَجَرَّات ص 390 – 391
الشَّمْس ص 394 – 395

الشَّمْس

لولا الشَّمْسُ ما كانت هناك حياةٌ على الأرض. والشَّمْسُ أيضًا تُساعِدُنا في تفهُّمِ طبيعةِ النُّجوم الأُخرى في الكَوْن. وهي، كسائرِ النُّجوم، كُرَةٌ مُتغَيِّرةٌ من الغازِ الحارّ.



الغازُ الحارُّ على سَطْحِ الشَّمْسِ دائمُ الحَركة مِمَّا يُكسِبُ الشَّمْسَ مَظْهرًا أرْقَط. والناظِرُ إلى حافَّتِها يُمكِنُه مُشاهدةُ التوَهُّجات والاندلاعاتِ والشُّواظِ الشَّمْسيَّةِ التي تَبْدو في سائرِ أنحاءِ سَطْحِها.

الشَّمْسُ هي أقربُ النُّجومِ إلى الأرض. وهي النجمُ الوحيدُ الذي يُمكِنُنا تصويرُه في لَقْطةٍ عن قُرْب. والشَّمْسُ كُرَةٌ من الغازِ الحارّ – مُعْظمه هِدْروجين – وهي من الضَّخامةِ بحيثُ يُمكِنُها احتِواء 1 300 000 كوكب بِحَجْم الأرض، كما يَتَّسِعُ نُطْرُ سَطْحِها لِصَفٍّ من 109 كواكب.

الشَّمْسُ في دواخلِ قَلْبِها فائقةُ الحُمُوّ – إذْ تَبْلُغُ درجةُ حرارة مَرْكزِها حوالى 15 مليون °س. وفيه تُحَوِّلُ تفاعُلاتُ الإندِماجِ النَّوَويِّ الهِدْروجينَ إلى هِلْيوم مُنْتِجَةً كمِّيَاتٍ ضَخْمةً من الطاقةِ لا تَبْلُغُ سَطْحَ الشَّمْسِ إلا بَعْدَ عشَراتِ آلافِ السِّنين. وعندما تبلُغُ هذه الطاقةُ السَّطْحَ تُفْلِتُ إلى الفَضاءِ حرارةً وضَوءًا وأنواعًا أُخرى من الإشعاعات. الضَّوءُ والحَرارةُ ضَروريّان لَنا على الأرض، أمّا الإشعاعاتُ الأُخرى، كالأشِعَّةِ فوقَ البنَفْسجيَّة، فيُمكِنُ أنْ تُسَبِّبَ الأذى، لكِنَّ جَوَّ الأرض يَقينا من مُعْظمِها.

سَطْحُ الشَّمْس النَّيِّرُ يُسَمَّى الفُوتُوسْفير؛ وهو الأبرَدُ نِسْبيًّا – إذ تبلُغُ درجةُ حرارتِهِ حوالى 5500°س. الفُوتُوسْفير ليسَ جامِدًا، فهو يُشكِّلُ حَفَّةَ الشَّمْسِ الخارجيَّةَ المَرْئيَّةَ. وتَسْتَغْرقُ مناطِقُ الشَّمْس الإستِوائيَّةُ حوالى 25 يومًا لِتُدَوِّمَ مرَّةً واحدةً حوْلَ مِحْورِها، فيما تَسْتَغْرِقُ مَناطِقُها القُطْبيَّةُ فَتْرةً أطولَ بحَوالَي عَشَرة أيّام. وباستِطاعةِ مَن تتوفَّرُ لهُم الأجهزةُ الفَلَكيَّةُ المناسبَة رَصْدَ تغَيُّرِ سَطْح الشَّمْسِ وجَوِّها من أُسبوعٍ لِأسبوعٍ ومن سَنةٍ لأخرى.

المَعالِمُ السَّطْحيَّة

البُقَعُ الشَّمْسيَّةُ باحاتٌ أقْتَمُ وأبْرَدُ على الفُوتُوسْفير (سَطْحِ الشَّمْس النَّيِّر) تَتراوحُ أقطارُها ما بين بِضْعةِ آلافٍ وعَشَراتِ آلافِ الكيلومترات. ويَعُودُ حدوثُ هذه البُقَعِ إلى المَجالاتِ المِغْنَطيسيَّةِ القَويَّة، داخِلَ الشَّمْس، التي تُبَطِّئُ سَرَيانَ الحرارةِ إليها من الدَّاخِل. والبُقَعُ الشمسيَّة ليسَتْ معالِمَ ثابتةً، بَلْ يَتْبَعُ ظهُورُها دورةً مُنْتظِمةً تَستَغْرِقُ 11 سَنة؛ وتَدُومُ أسابيعَ فقَطْ في كُلِّ مَرَّة. وهي تَتكوَّنُ وتَختَفي باطِّرادٍ، أقربَ فأقرَبَ إلى خَطِّ الإستِواء، قبْلَ اختِفائها كُلِّيًّا – إيذانًا بِبَدْءِ دَورةٍ جديدةٍ في خُطوطِ عَرْضٍ أعلى.

سَطْحُ الشَّمْس مَكانٌ عَنيفٌ ثَوّارٌ يُطلِقُ في الفَضاءِ بانتِظامٍ دَفَقاتٍ قصيرةَ الأجَلِ من الطاقةِ تُسَمَّى اندلاعات. كذلك تَمْتَدُّ اندِفاقاتٌ وشُواظُ أكبَرُ على مَدى عِدَّةِ آلافِ الكيلومترات في جَوِّ الشَّمْس قد تَدُومُ شُهورًا.



اندِلاعاتٌ قَصيرةُ الأجَلِ من الغازِ الحارِّ تَنْدفِقُ من سَطْحِ الشَّمْس. وهي، عادةً، تَدُومُ دَقائقَ في كُلِّ مَرَّة.

الإكليلُ – جَوُّ الشَّمْسِ الخارجيُّ – وهو غَيْرُ مَرْئيٍّ عادةً لأنَّ قُرْصَ الشَّمْس أنْصَعُ مِنه بكثير. لكِنْ، يُمكِنُ رُؤيتُه أثناءَ كُسُوفٍ كُلِّيّ.

البُقَعُ الشَّمْسيَّةُ باحاتٌ أبرَدُ وأعتَمُ على سَطْحِ الشَّمْسِ النَّيِّر. وعلى مَقْرُبةٍ منها، فوقَ السَّطْح مباشرةً، صَباخِدُ (ج. صَيْخَد) هي سُحُبٌ من الهِدْروجين المُتوهِّج.

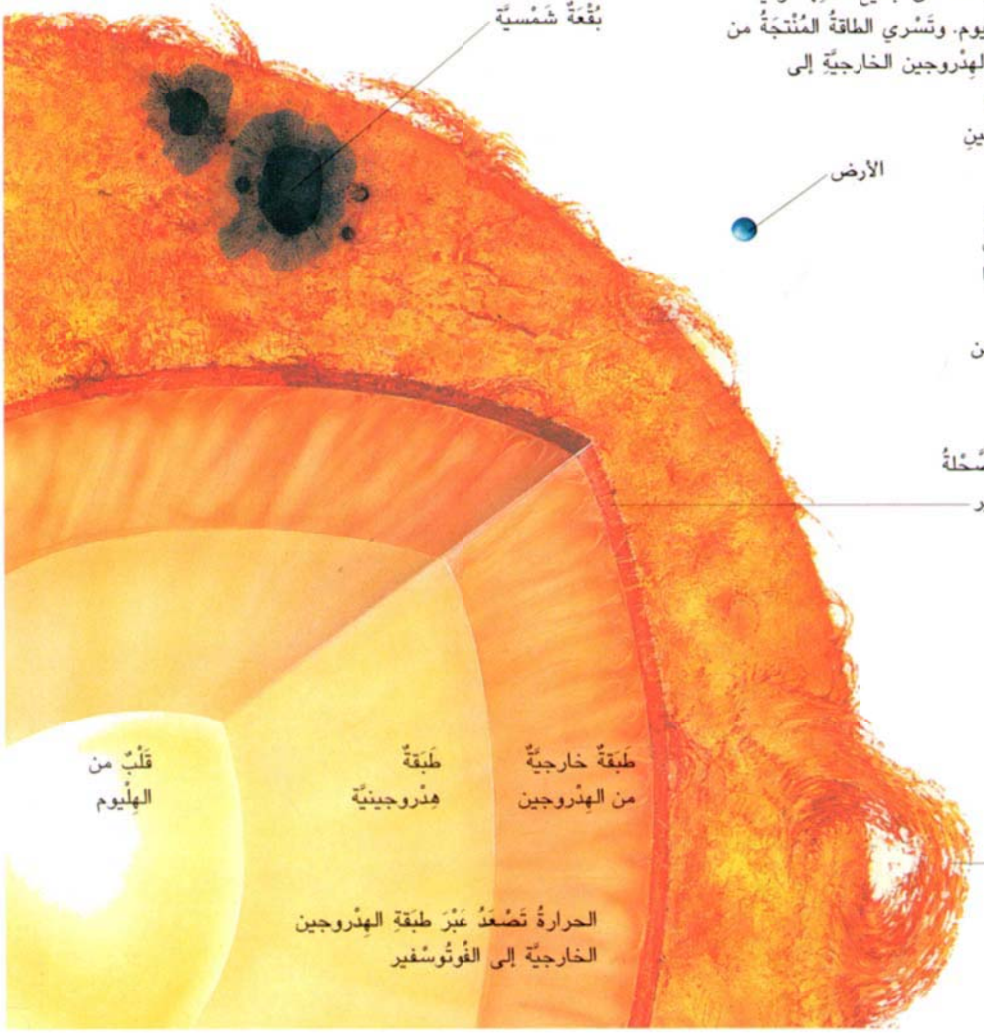
سَيْلٌ ضَخْمٌ من الغازِ المُتوهِّجِ يَنْدفِقُ من سَطْحِ الشَّمْس. لقد تَقْنْطرَ الشُّواظُ عاليًا مُكَوِّنًا عُرْوةً ضَخْمةً، تَدُومُ عِدَّةَ ساعاتٍ قبْلَ تقبُّضِها ثانيةً.

الفُوتُوسْفير هو سَطْحُ الشَّمْسِ الخارجيُّ النَّيِّر. وهو طَبَقةٌ غازيَّةٌ نَشِطةٌ جدًا تَبْلُغُ سَماكَتُها 500 كم. وتَنْتَشِرُ عَبْرَ سائرِ أنحاءِ هذا السَّطْح حُبَيْباتٌ دائريَّةٌ تتكوَّنُ بفِعْلِ الحَركَةِ الدائمةِ للغازِ الحارِّ والسِنَتِه الشُّوَيكيَّةِ النافوريَّةِ المُمْتَدَّةِ إلى أعلى. وفوقَ السَّطْحِ النَّيِّر مُباشَرةً يُوجَدُ الجَوُّ الداخليُّ المُسَمَّى الغِلافَ اللَّوْنيَّ (الكرُومُوسْفير).



الفَلَكيُّ الأمريكيُّ جورج إيلّري هيل (1868 – 1938) درسَ الشَّمْسَ وبُقَعَها، واكتشفَ مَجالاتٍ مِغْنَطيسيَّةً ضِمْنَ البُقَعِ الشَّمْسيَّة.

قَلْبُ الشَّمْس يَحْوي 60 بالمئة من جميع مادَّتِها؛ وفيه يُحَوَّلُ الهِدْروجينُ إلى هِلْيوم. وتَسْري الطاقةُ المُنْتَجَةُ من هذا التحَوُّلِ عَبْرَ طَبَقاتِ الهِدْروجين الخارجيَّةِ إلى الفُوتُوسْفير. وهي تَتَدَفَّقُ أمواجًا عَبْرَ طَبَقةِ الهِدْروجينِ الداخليَّةِ، المُسَمَّاةِ أيضًا النِّطاقَ المُشِعَّ. ثُمَّ تَسْري عَبْرَ الطَّبقةِ التاليَةِ، النِّطاقِ الضَّامِّ، حيثُ تُنْقَلُ بِخَلايا الحَمْلِ الحراريِّ – وهي تيَّاراتٌ صاعِدَةٌ وهابِطَةٌ من الغازِ الحارِّ.





في بِدايةِ كُلِّ دَورةٍ إحدى عَشْريَّةِ السَّنوات تَظْهرُ بُقَعٌ شَمْسيَّةٌ على مَبْعَدةٍ شماليٍّ وجنوبيَّ خَطِّ الإستِواءِ الشَّمْسيّ. ومع مُرورِ الزَّمَن تَظْهرُ هذه البُقَعُ اقربَ فاقربَ إلى خطِّ الاستِواءِ حتَّى تَظْهرَ على امتِدادِه في نهايةِ الدورة. ثُمَّ تَخْتَفي بُقَعُ هذه الدَّورة، وتَبْدأُ دَورةٌ جديدةٌ تَتَشَكَّلُ فيها البُقَعُ على مَبْعَدةٍ شَماليَّ وجنوبيَّ خطِّ الإستِواء الشَّمْسيّ.

جَوُّ الشَّمْس

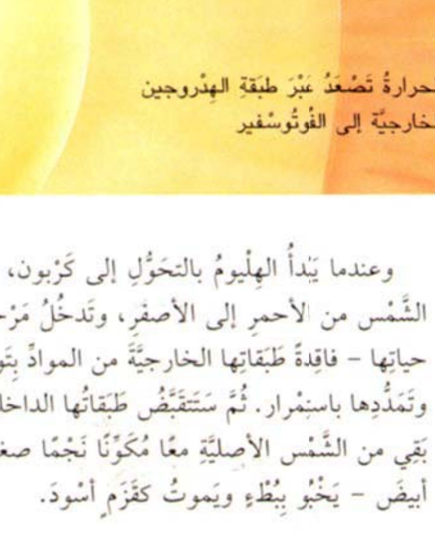
فوقَ سَطحِ الشَّمْسِ مُباشَرةً تُوجَدُ طَبَقةٌ من الهِدْروجين والهِلْيوم تُسَمَّى الكروموسْفير (الغِلافَ اللَّوْنيّ) تَبْلُغُ سَماكتُها حوالى 5000 كم. وفي طَرَفِها الأبْعدِ، حيثُ تَتَدامَجُ مع الإكليلِ وتَبْلُغُ درجةُ حرارتِها حوالى 500 000°س. ويَمْتَدُّ الإكليلُ مَلايينَ الكيلومترات في الفَضَاء وهو رَقيقٌ جِدًّا وحارٌّ جدًّا، تبلُغُ درجةُ حرارته حوالى 3 مَلايين °س. ويَنْبَعِثُ الإكليلُ باستِمْرارٍ سَيْلًا من الجُسَيْمات يَسْري عَبْرَ المَنْظومةِ الشمسيَّة، ويُسَمَّى الرِّيحَ الشَّمْسيَّة.

حياةُ الشَّمْس

تكَوَّنتِ الشَّمْسُ من سَديم – سَحابةٍ غازيَّة – في مَجَرَّةِ دَرْبِ التَّبَّانةِ منذُ حوالَى خَمْسةِ بلايينَ سنة. وأخذَتْ تُشِعُّ باستِمْرارٍ مُنْذُئِذٍ مُستَهْلِكَةً حوالى سَبْعةِ ملايينَ طُنٍّ من المادَّةِ في الثانية. وهي حاليًّا في مُنْتَصَفِ عُمْرِها تقريبًا. وبَعْدَ حوالَى خَمْسةِ بلايين سنة، عندما يكونُ الهِدْروجينُ في قَلْبِها قد تَحوَّلَ بِكُلِّيَّتِه إلى هِلْيوم، سَيَتَقَبَّضُ نَلْبُها وتَتَنَفَّخُ طَبَقاتُها الخارجيَّةُ وتَبْرُدُ ويَتَغَيَّرُ لَوْنُها. وتكُونُ قد انتقَلَتْ من مَرْحلةِ المُتَواليةِ الرَّئيسيَّة من حياتِها لِتُصْبحَ عِمْلاقًا أحمرَ.

وعندما يَبْدأُ الهِلْيومُ بالتحَوُّلِ إلى كَرْبون، سَيَتغَيَّرُ لونُ الشَّمْس من الأحمرِ إلى الأصفرِ، وتَدخُلُ مَرْحلةً أُخرى من حياتِها – فاقِدةً طَبقاتِها الخارجيَّةَ من الموادِّ بتَوالي انكِماشِها وتَمدُّدِها باستِمْرار. ثُمَّ سَتَتقَبَّضُ طَبقاتُها الداخليَّةُ ويَتَراصُّ ما بَقِي من الشَّمْس الأَصليَّةِ معًا مُكَوِّنًا نَجْمًا صغيرًا – أو قَزَمًا أبيضَ – يَخْبُو بِبُطْءٍ ويَموتُ كقَزَمٍ أسْودَ.





ستَبْقَى الشَّمْسُ تَسْطَعُ على مَدى بَلايين السِّنين. لكِنْ بعدَ مُرورِ حوالَى خمسة بلايينِ سنةٍ سَتَتنَفَّخُ إلى عِمْلاقٍ احمَر. وسيَزْدادُ حُموُّ الأرض ويَتبَخَّرُ ماؤُها ويَنْعَدِمُ فيها الحياةُ. وستَبْلُغُ الشَّمْسُ من الضَّخامةِ بحيثُ تَغْتَمِرُ كوكبَي عُطارِدَ والزُّهَرَةِ، وتكُونُ الأرضُ ضِمْنَ جَوِّها.

أُنْظُر أيضًا

الكَرْبون ص 170
الغازاتُ النَّبيلة ص 180
الحرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس ص 242 – 243

الكَوْكَبات

الكَوْكَبةُ مجموعةُ نُجومٍ تؤلِّفُ صورةً سَماويَّةً؛ أو هي المِنطقَةُ التي تَضُمُّ هذه النُّجوم. يَسْتَخْدِمُ الفَلَكيُّون 88 من هٰذه الصُّورِ لِمُساعدتِهم في تتبُّعِ مَسالِكِهم لِرَصد الأَفْلاك السَّماويَّة.



الفَلَكيُّ والجُغْرافيُّ الإغريقيُّ بَطْليموس (100 – 170 ب.م.)، الذي عاشَ في الإسكندريَّة، بمِصْر، أدرجَ 48 كَوْكبةً في قائمةٍ كان الفَلَكيُّون القُدَماءُ يَستَخْدِمُونها مُنْذُ حوالى العام 2000 ق.م. وقد زِيدَتْ هذه القائمةُ لاحِقًا إلى الـ 88 كَوْكبةً التي تُسْتَخْدَمُ اليوم.



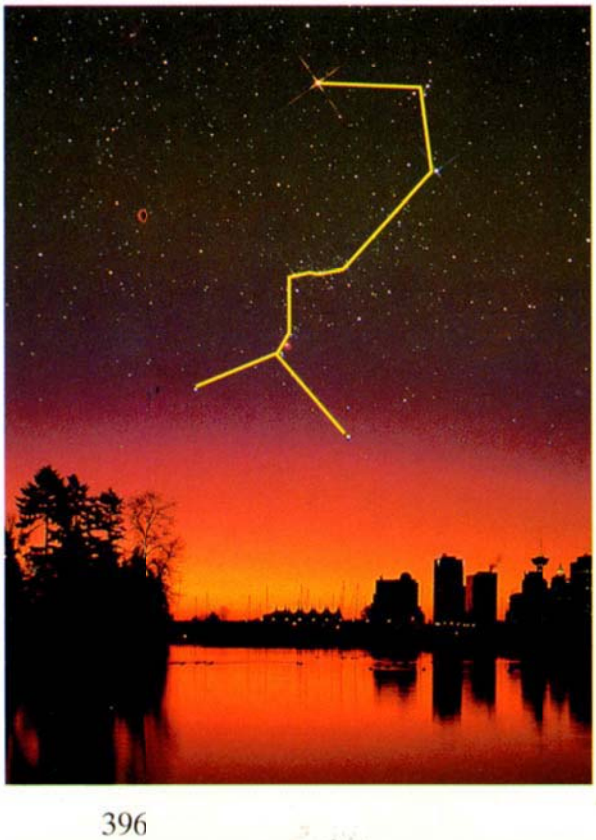


تَبْدو النُّجومُ السَّبْعةُ في كَوْكبةِ الدُّبِّ الأَكْبر، (أعلاه) عندما يُنْظَرُ إليها من الأرض، كأنَّها في مَدى البُعْدِ نَفْسِه. والواقِعُ أنَّها مُتَبايِنَةُ الأبعادِ عَنّا. فالنَّجْمُ إلى اليَسارِ أبعَدُ ثلاثَ مرَّاتٍ تقريبًا من النُّجوم السِّتَّةِ الأُخْرى.

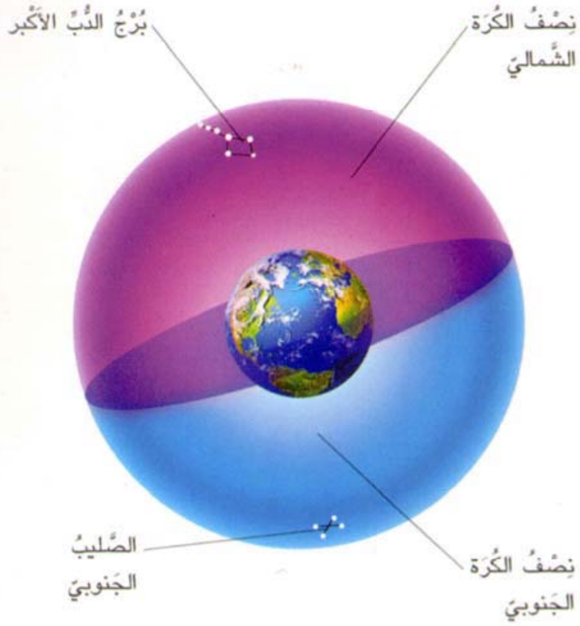
يُمكِنُكَ، من أيِّ مكانٍ على سَطْحِ الأرض، النَّظَرُ إلى السَّماء ومُشاهدةُ آلافِ النِّقاط الضوئيَّةِ المُتَلألئة. هٰذه كُلُّها نُجومٌ تَنْتمي إلى مَجرَّتنا – دَرْبِ التَّبَّانة (الدَّربِ اللَّبَنيَّة). هنالك عددٌ كثيرٌ جِدًّا من النُّجوم بحيثُ يَتعَذَّرُ عليك بدايةً التفريقُ بينها. لكِنْ هنالك، في السَّماء، أنماطٌ (تَشكيلاتٌ) مُمَيَّزةٌ يَستَخْدِمُها الفلكيُّون لِتَتَبُّعِ مسالك الرَّصد في دراساتِهم. فهُم يَترسَّمونَ صُورًا خياليَّةً حوْلَ أنماطِ النُّجوم لِتُساعدَهم في استِذْكارِها. وقد تُرِسَّمَتِ الصُّورُ الأُولى لِهٰذه التشكيلات مُنْذُ ما يفوق الأربعةَ آلاف سنَة. ونحنُ لا نَزالُ اليومَ نَسْتَخْدِمُ هذه الصُّورَ إضافةً إلى بَعْضٍ أُخَر انتُبِطَتْ منذُ عهدٍ قريب.

الكُرَةُ السَّماويَّة

الفَلَكيُّونَ الناظرونَ من الأرض يَتخَيَّلون كُرَةً عظيمةً مُرَصَّعةً بالنُّجوم حوالَيْها. وهُم يَتنظَرون الحافَّةَ الداخليَّةَ لِهٰذه الكُرَةِ السَّماويَّةِ المُتخيَّلَةِ المُقَسَّمةِ إلى 88 رُقْعَةً كأنّها أُحجيَّةُ صُورٍ مُقطَّعةٍ عِملاقةٍ – كُلُّ رُقْعَةٍ منها تُمَثِّلُ كَوْكَبةً، وتَتميَّزُ بنَمَطٍ نَجميٍّ يؤلِّفُ صورةً سَماويَّةً. هذه المَنْظومةُ من 88 كَوْكبةً يَسْتَخْدِمُها الفَلكيُّونَ، حوْلَ العالَم، مع أنماطِها النَّجْميَّة.



◄ جُزْءٌ من كَوْكبةِ الجبّار مُرتَسَمٌ حوْلَ النُّجوم في سماءِ اللَّيْل. هنالك نَجْمانِ ساطِعانِ يُحَدِّدانِ كتِفَ الجبّار؛ والثلاثةُ التي تُمَيِّزُ حِزامَه هي النُّجومُ الرئيسيَّةُ المُعْتَمَدةُ في تَعرُّفِ مَوقِعِه. والخَطُّ الأسْفَلُ إلى اليَسار يُمَثِّلُ سَيْفَه مُعلَّقًا من حِزامِه.



الكُرَةُ السَّماويَّةُ تُحيطُ بالأرض. وهي تُقْسَمُ إلى قبَّتَيْن – نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ ونِصْفِ الكُرة الجَنوبيّ – اللَّتَيْن جُعِلَتا، للتَّسْهيل، خَريطتَين مُسَطَّحتَين (أنظُر الصفحة المُقابلة). وخَطُّ الإستِواء السَّماويّ هو الخَطُّ الفاصِلُ بين الخَريطتَيْن.

الصُّوَرُ السَّماويَّة

تَشْمَلُ الصُّوَرُ السَّماويَّةُ بَشَرًا وحيواناتٍ وكائناتٍ بَحْريَّةً وأدواتٍ فَنِّيَّةً وعلميَّةً حقيقيَّةً أو خياليَّةً. نحنُ لا نعلَمُ هُويَّةَ مَن رَسَمَ الصُّوَرَ الأُولى، أو الزَّمانَ الذي رُسِمَتْ فيه؛ لكِنَّ مَنْظومةً من 48 صورةً كانت قَيْدَ الاستِعْمالِ حوالى العام 150 ب.م، حينما أدرَجَها الجُغْرافيُّ والفَلَكيُّ الإغريقيُّ بَطْليموسُ في كِتابه المَجِسْطي. وتَشْمَلُ الكَوْكباتُ الـ 48 شَخصيَّاتٍ وأشكالًا من الأَساطيرِ الإغريقيَّة كالصيَّادِ والجبّار، والفَرَسِ المُجنَّح والفَرَسِ الأعْظم – والأسدِ وقَنْطورس – الذي نِصْفُه رَجُلٌ ونِصْفُه حِصان. والكَوْكبات الـ 40 الأُخرى كانت قد سُمِّيت في عُصورٍ أحْدَثَ وتَشْمَل بَعْضَ الاختِراعاتِ العَظيمةِ، كالتِلِسْكوبِ والسَّاعة والقَوْس.

دائرةُ البُروج

مَجْموعةٌ من الكَوْكبات، تُعْرَفُ بدائرةِ البُروج تُغطِّي نِطاقًا خاصًّا من السَّماء عَرْضُه 20° مع فَلَكِ البُروجِ مارًّا على امتِدادِ مَرْكزِه. ويمتدُّ هذا النِّطاقُ حوْلَ الكُرَةِ السَّماويَّة – بحيثُ إنَّا إذا نَنْظُرُ إلى الكُرَةِ السَّماويَّةِ من الأرض، نُشاهِدُ الشَّمْسَ والقَمَرَ وجميعَ الكواكبِ تَتحَرَّكُ عَبْرَ السَّماءِ على خَلْفيَّةِ هذا النِّطاق من النُّجوم. وكان الفَلكيُّونَ القُدَماء يَعُدُّون 12 كوكبةً في هذا النِّطاق؛ وهي حاليًّا 13. ويَبْدو أنَّ الشَّمْسَ تَقْضي حوالَى الشَّهر في كُلِّ كَوْكبة.

مُشاهَدةُ الكَوْكبات

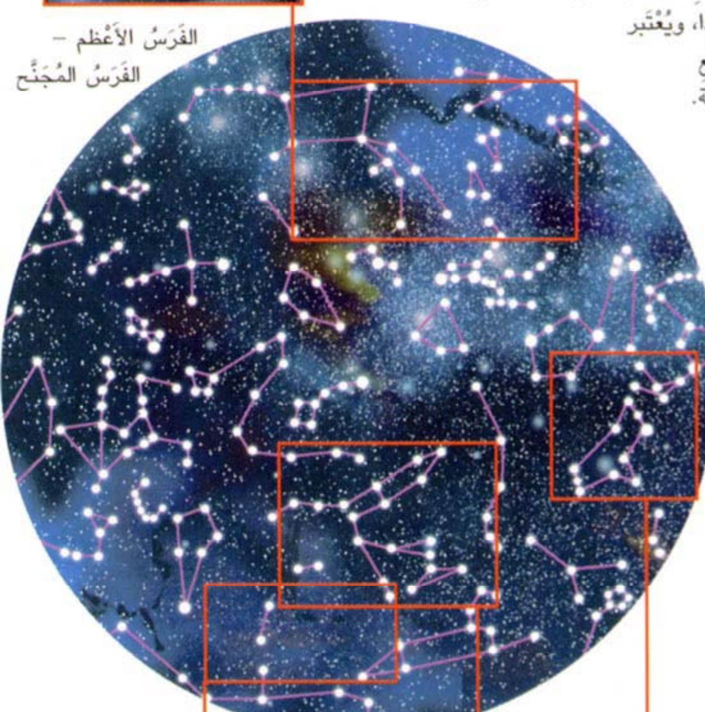
يَسْتحيلُ طبعًا مُشاهَدةُ الـ 88 كَوْكبةً كُلّها من نُقْطةٍ واحدةٍ على الأرض. فالناسُ الذين يَعيشون في نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ للأرض يَرون الكوكباتِ في نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ للكُرَةِ السَّماويَّة، بالإضافةِ إلى بعضِ كَوْكبات النِّصْف الجَنوبيّ. والذين يَعيشون في نِصْفِ الكُرَة الجَنوبيّ للأرض يُشاهِدون الكَوْكباتِ في نِصْفِ الكُرَة الجنوبيّ للكُرَةِ السَّماويَّة وبعضًا من كَوْكباتِ نِصْفِها الشَّماليّ. لكِنْ حتَّى هذه النُّجومُ لا يُمكِنُ رُؤْيتُها في وَقْتٍ واحِد. فالأرْضُ تَدُوْمُ على مِحْورِها مَرَّةً في اليوم، كما تَتْبَعُ مَدارًا سَنويًّا حوْلَ الشَّمْس ضِمْنَ الكُرَةِ السَّماويَّة. وهكذا فإنَّ القِسْمَ من السماء المُتاحَ مُشاهَدَتُه من أيِّ نُقْطةٍ على الأرض يَتغَيَّرُ على مَدى السَّنة، ويَبْدو ذلك القِسْمُ من السَّماء كأنَّه يدوِّمُ خِلالَ اللَّيْل.

سَماءُ نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ

النُّجومُ في السَّماءِ الشَّماليَّةِ تَبْدو كأنَّها تَدورُ حوْلَ نَجْمِ القُطْب – النَّجْمِ السَّاطِعِ، تمامًا في مَرْكزِ الخَريطة، الواقعِ في كَوْكبةِ الدُّبِّ الأصْغرِ قريبًا من كَوْكبةِ الدُّبِّ الأكْبرِ المُرافِقة. النُّجومُ السَّبعةُ في ذَيْلِ وأسْفَلِ ظَهْرِ الدُّبِّ الأكْبرِ تُشْبِهُ المِحْراثَ. وهذا التشكيلُ النجميُّ أسْهَلُ الأنْماطِ إيجادًا، ويُعْتَبَر نُقْطةَ الإنطلاقِ الفُضْلَى لِتَتبُّعِ أرصادِكَ في السَّماءِ الشَّماليَّة.



الفَرَسُ الأعْظم – الفَرَسُ المُجَنَّح





الأسَد



الدُّبُّ الأكْبر



هِرقْل – الجاثي

سَماءُ نِصْفِ الكُرَة الجَنوبيّ

كوكبةُ الصَّليبِ الجَنوبيّ أصغَرُ الكَوْكبات الـ 88، لكِنَّها ساطِعةٌ ومن السَّهْل إيجادُها. وهي مَوقِعٌ جَيِّدٌ لِلْبَدْءِ في رَصْدِ السَّماءِ الجَنوبيَّة؛ وتَقَعُ في النِّطاقِ النَّجْميِّ السَّميك لِدَرْبِ التَّبَّانة. ويَتواجدُ هنا كَثْرةٌ فائقةٌ من النُّجوم بحيثُ إنَّ النَّاظِرَ إلى قُرْصِ مَجَرَّتِنا، يَراها تُشكِّل نَهْرًا من الضَّوءِ اللَّبَنيِّ عَبْرَ السَّماء.



العَنْقاء – طائرُ النَّار





بُرْجُ العَقْرب



بُرْجُ الميزان



الصليبُ الجَنوبيّ

خَريطتا النُّجوم

الخَريطتان تُبَيِّنان الكَوْكباتِ الرئيسيَّةَ في السَّماء. فالنُّجومُ الواقِعَةُ في وَسَطِ الخَريطتَيْن تَبْقى عادةً مَرْئيَّةً على مَدارِ السَّنة من نِصْفِ الكُرَةِ المُقابِلِ على الأرض. أمَّا تلكَ الواقِعَةُ على مَقْرُبَةٍ من الحَوافِ فتُرى فقَطْ في فُصولٍ مُعَيَّنة، أو في أوقاتٍ مُعَيَّنَةٍ من اللَّيْل. النُّجومُ الأشَدُّ سُطوعًا هي المُمثَّلَةُ بالنِّقاطِ الكُبْرى. وبَعْضُها يَبْدو ساطِعًا فِعْلًا كونَه من النُّجومِ السَّاطِعَة. النُّجومُ كُلُّها بَعيدةٌ جدًّا بحيث تَبْدو كأنَّها في مَدى البُعْدِ نَفْسِه عن الأرض. والواقِعُ أنَّ النُّجومَ في أيِّ كَوْكبةٍ لا ترابُطَ بينها؛ فهي تَتواجَدُ على أبعادٍ شاسِعَةٍ بَعْضُها عن بعض.

أنْظُر أيضًا

المَجَرَّات ص 390 – 391

النُّجوم ص 392 – 393

دِراسةُ الكَوْن ص 414 – 415

المَنْظُومَةُ الشَّمْسِيَّة

تتألَّفُ المَنْظومةُ الشمسيَّةُ من الشَّمْس وأُسْرَتِها من الأَجْرامِ التي تَدورُ في مَداراتٍ مُعَيَّنةٍ حَوْلَها؛ وقد تَنَشَّأَتْ من السَّحابةِ نَفْسِها، وهي باقيةٌ معًا بِفِعْلِ جاذبيَّةِ الشَّمْس القَوِيَّة.

الشَّمْسُ اكبَرُ الأَجرام في المَنْظومةِ الشمسيَّة؛ ويَليها المُشْتَري، اكبرُ الكواكِب، ثُمَّ الكواكبُ الغازيَّةُ العِمْلاقةُ الثلاثةُ الأُخرى - زُحَلُ وأورانُوس ونِبْتون. هٰذه الكواكِبُ الأربعةُ ذاتُ حَلَقاتٍ وأُسَرٍ كبيرةٍ من الأقمار. أمَّا الأرضُ والكواكِبُ السيَّارةُ الأُخرى فأصغَرُ.

الشَّمْسُ - نَجْمُنا المَحَلِّيُّ - تُهَيْمِنُ على المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة. فهي الجِرْمُ الأَكْبَرُ في المَنْظومة والأعظَمُ كُتْلةً - إذ تَتَضَمَّنُ ما يَزيدُ على 95 بالمئة من مُجْمَلِ مادَّةِ المَنْظومةِ الشمسيَّة. أمَّا الباقي فقد استُنْفِدَ في تكوين الأَجرامِ الدائرةِ حوْلَ الشَّمْس. وتَشْمَلُ هذه الأجرامُ 9 كواكِبَ سيَّارةٍ، وأكثَرَ من 60 قَمَرًا، وبَلايينَ الكُوَيْكبات والمُذَنَّبات. والشَّمْسُ بِسَبَبِ عِظَمِ حَجْمِها وكُتْلَتِها، وبالتالي جاذبيَّتِها الفائقةِ القُوَّة، تُبْقي المَنْظومةَ الشمسيَّةَ وَحْدةً فَلَكيَّةً مُترابِطةً معًا، وتَتَحَكَّمُ في تحَرُّكاتِ الكواكبِ السيَّارة.

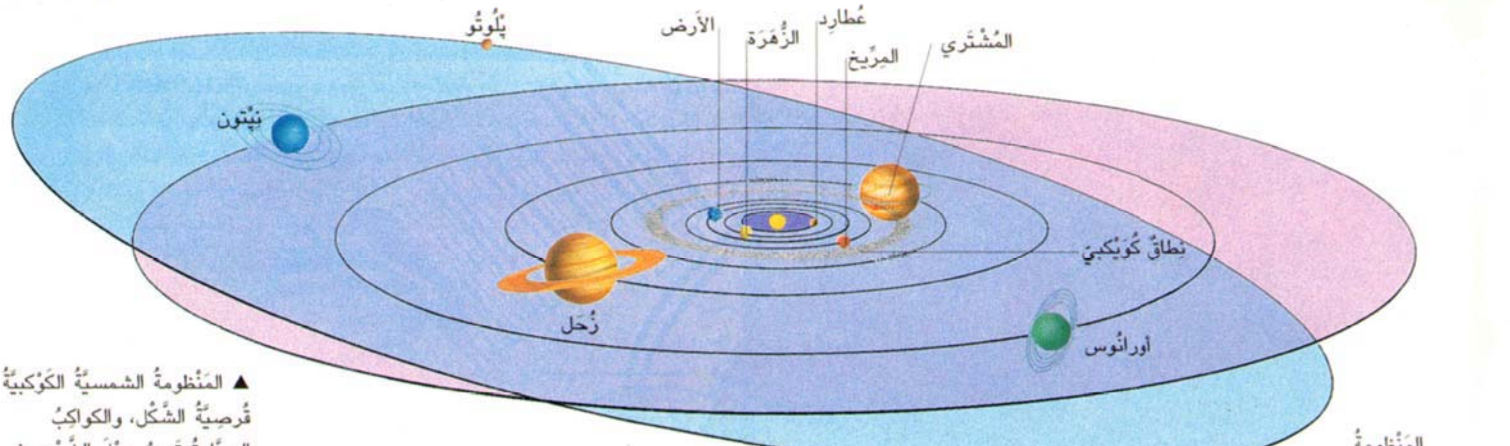
ولادةُ المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة

مُنْذُ حوالَى خَمْسةِ بلايينَ سنَة، كانتِ المادَّةُ التي تُؤلِّفُ الشَّمْسَ والكواكِبَ السيَّارة الآنَ جُزْءًا من سَحابَةٍ ضَخْمةٍ من الغازِ والغُبارِ تُسَمَّى السَّديمَ الشَّمْسيّ. تِلكَ السَّحابَةُ، المُؤلَّفة أساسًا من الهِدْروجين والهِلْيوم مع نِسْبةٍ مئويَّةٍ ضئيلةٍ من عناصِرَ أُخرى، أخذَتْ تُدَوِّمُ وتَنْجَذِبُ مادَّتُها نحو المَرْكز. فصارَ السَّديم الشَّمْسيُّ بذٰلكَ كُرَةً غازيَّةً مُحاطةً بقُرْصٍ من الغازِ والغُبار. الكُرَةُ المَرْكزيَّةُ أصبَحَتِ الشَّمْسَ، ومادَّةُ القُرْصِ أنتَجَتِ الكواكِبَ السيَّارةَ والأَجْرامَ الأُخرى. وانعصَفتْ مادَّةٌ أكثَرُ لم تُسْتَخْدَمْ بَعيدًا جِدًّا في الفَضاء.

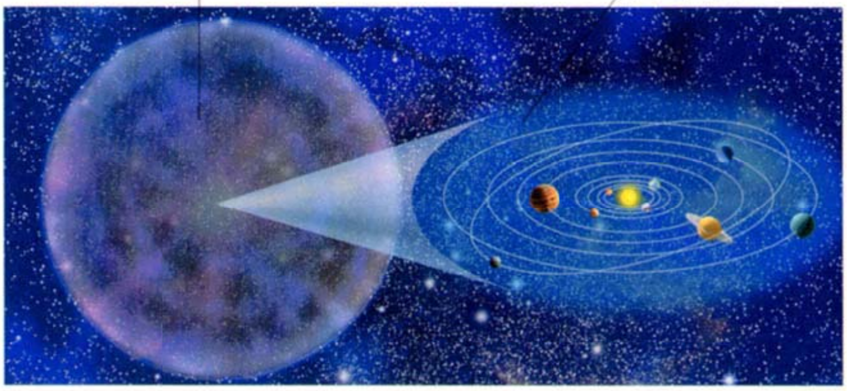


▼ تُقاسُ المَسافاتُ في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّةِ بالوَحَداتِ الفَلَكيَّة (وَف) 1 وَف = 149,6 مليون كم – وهي مُعَدَّلُ المَسافة بين الأَرضِ والشَّمْس.





▲ المَنْظومةُ الشمسيَّةُ الكَوْكبيَّةُ قُرصيَّةُ الشَّكْل، والكواكِبُ السيَّارةُ تدورُ حوْلَ الشَّمْس في مَداراتٍ إهليلَجيَّةٍ في اتِّجاهٍ بَنْيّ (ضِدِّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة). ويَزْدادُ طولُ المَدار والوقتُ الذي يَسْتغرقُه الكوكَبُ لِيُكْمِلَ دورتَه حوْلَ الشَّمْس تِباعًا في الكواكِبِ الأَبْعَد.



► مِنْطقةٌ كُرَويَّةُ الشَّكْل من المُذَنَّبات تُحيطُ بالمَنْظومةِ الشمسيَّةِ الكَوكَبيَّة. وهي تَحْوي بلايينَ المُذَنَّباتِ التي يَدورُ كُلٌّ منها في مَدارِه الخاصّ حوْلَ الشَّمْس. هذه الكُرَةُ تُسَمَّى سَحابةَ أُورْت، ويَبْلُغُ قُطْرُها من جانبٍ لآخر 100 000 وَف؛ ويُوجَدُ وراءَها فَضاءٌ بينَ نَجْميّ.

الكواكِبُ السيَّارة

بَدَأَ تَنَشُّؤُ الكواكبِ السيَّارة منذُ حوالَى 4,6 بليون سنَة. فكَوَّنتِ المادَّةُ الأَقْربُ إلى الشَّمْس العوالِمَ الصَّخْريَّةَ الأَرْبعة: عُطارِدَ والزُّهَرَةَ والأَرضَ والمِرِّيخ. وعلى مَبْعَدةٍ من هذه الكواكب في القُرْصِ الخارجيّ، حيثُ الموقِعُ أبرَدُ بكثيرٍ، تكوَّنَتْ أجرامٌ صَخْريَّةٌ اجتذبَتْ لاحِقًا كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الغازِ نحوها - مُكَوِّنةً الكواكبَ الغازيَّةَ الضَّخْمة: المُشْتَري وزُحَل وأورانُوس ونِبْتون. أمَّا بُلوتو فقد تنَشَّأَ من مادَّةٍ مُخْتلِفة.

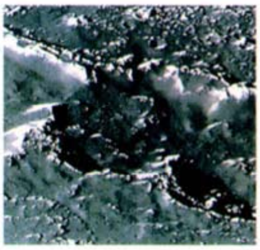
الكُوَيْكِباتُ والمُذَنَّبات

المادَّةُ الصخريَّةُ بينَ المِرِّيخ والمُشْتَري أخفقَتْ في التنَشُّؤ إلى كَوكبٍ لأنَّ جاذِبيَّةَ المُشْتَري القَويَّةَ ظَلَّتْ تَشُدُّها بَعيدًا بعضَها عن بعض. هذه المادَّةُ كَوَّنَتِ النِّطاقَ (أو الحِزامَ) الكُوَيْكبيّ - وهو حلقةٌ صَخْريَّةٌ بِشَكْلِ كَعْكةٍ مُسْتَديرة. وفي حافَّةِ المَنْظومةِ الشمسيَّة، بَعيدًا وراءَ الكواكِب، كانت هناك بَلايينُ القِطَعِ من الغُبارِ والصَّخْرِ والثَّلج. وقد عُصِفَ بالكثيرِ منها خارِجَ المَنْظومةِ، لكِنْ بَقِيَ الكثيرُ وكوَّنَ سحابةَ أورْت من المُذَنَّبات. ومَعْلومٌ أنَّ كُلَّ كُوَيْكبٍ ومُذَنَّبٍ يَدورُ في مَسارِه الخاصّ حوْلَ الشَّمْس.

مَنْظوماتٌ شَمْسيَّةٌ أُخرى

هنالك أعدادٌ كثيرةٌ من النُّجومِ في الكَوْن شَبيهةٌ بالشَّمْس. وكان في تَقْدير الفَلكيِّين دوْمًا إمكانيَّةُ وُجودِ مَنْظومةٍ من الكواكِبِ السيَّارة في مَداراتٍ حوْلَ نَجْم. لكِنَّ النُّجومَ نائيةٌ جدًّا وساطِعَةٌ جدًّا بحيثُ إنَّ تَبَيُّنَ كوكبٍ باهِتٍ قريبٍ من أحدِها كان، لِفَتْرةٍ طويلةٍ، أمرًا مُسْتَحيلًا.

ثُمَّ خِلالَ الثمانينيَّاتِ من القَرْن العِشْرين، اكتشفَ الفَلكيُّون النُّجومَ الأُولَى المُحاطَةَ بأَقراصٍ من الغازِ والغُبار. وبعْدَ عَقْدٍ من الزَّمَن اكتُشِفَت الكواكِبُ الأُولى السيَّارة حَوْلَ نُجومٍ غيرِ الشَّمْس. وكانَ أوَّلُها كوكبًا اكتُشِفَ عام 1995 حوْلَ النَّجْم بيچاسي 51. وكُتْلةُ هذا الكوكب تَفوقُ كُتْلَةَ الأرض بِـ150 مَرَّةً على الأقَلّ؛ وهو أقربُ إلى نَجْمِه 20 مَرَّةً من بُعْدِ الأرض عن الشَّمْس، ويُكمِلُ مَداره حوْلَ نجْمِه كُلَّ 4,2 يوم. وقد تَمَّ حتَّى الآن اكتشافُ حوالَى 15 نَجْمًا أُخَرَ للواحدِ منها كَوْكبٌ يَدورُ حولَه. الفَلكيُّونَ لا يَسْتطيعونَ رُؤيةَ الكواكِبِ مُباشَرةً، لكِنَّهم يَسْتطيعون تَبَيُّنَ تَمَيُّحِ النَّجْمِ الذي تُحدِثُه جاذِبيَّةُ الكَوْكبِ الدائرِ حوْلَه. والأَمَلُ أنَّه في المُسْتَقبلِ غيرِ البَعيد، سَتُمَكِّنُنا تِلِسْكوباتٌ جديدةٌ من مُشاهَدةِ المَناظِرِ الأُولى لِهذه العوالِم الجديدة.



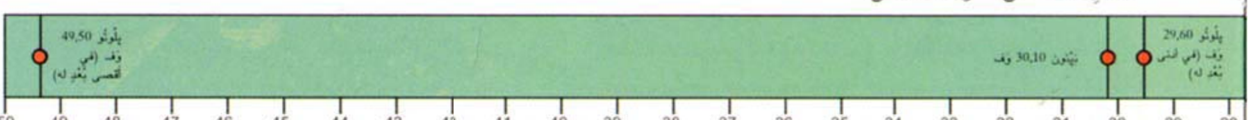
هنالك اكثَرُ من 60 قَمَرًا في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة يَبْلُغُ قُطْرُ اصغرِها حوالى 30 كم. امَّا ثالِثُ اكبَرِ هذه الأقمار - المُسَمَّى كاليسْتو - المُبَيَّنَ سَطْحُه هنا، فإنَّ حَجْمَه مَثيلٌ لِحَجْمِ كُلٍّ من بُلوتو وعُطارِد.



مُعْظمُ مادَّةِ المَنْظومةِ الشمسيَّةِ مُتَواجِدٌ في الشَّمْس والكَواكِبِ والأقمار. وتتَواجدُ الكمِّيَّةُ الضئيلةُ المُتَبَقِّيَةُ في بَلايين الأجرام الصغيرةِ في المَنْظومةِ كهٰذا الكُوَيْكِب.

اُنْظُر ايضًا

الشَّمْس ص 394 - 395
الأَرْضُ والقَمَر ص 400 - 401
دِراسةُ الكَوْن ص 414 - 415



الأَرْضُ والقَمَر

الأرضُ أكبَرُ الكَواكبِ الصخريَّةِ، والكوكَبُ الثالثُ من حيثُ البُعْد عن الشَّمْس. والقَمَرُ، كُرَةٌ صَخريَّةٌ أُخرى حَجْمُها حوالَى رُبْعِ حَجْم الأرض ترافِقُها في الفَضاء.



تتواجدُ الحياةُ في كُلِّ مَكانٍ على الأرض – في مُحيطاتِها ويابِسِها. وهي مَوطنٌ لِملايين الأنواع المُختلفة. وقد تنشأَ البشَرُ عليها مُنذ حوالى ثلاثةِ ملايين سنةٍ.

الأرضُ والقَمَرُ يتحرَّكان معًا عَبْرَ الفَضاء. كِلاهُما كُرَةٌ صَخْرِيَّة لكِنَّهما عالَمان مُخْتلِفان. الأرضُ فَريدةٌ في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة كَونها رَطْبَةً جِدًّا وحافلَةً بمُختلِف أشكال الحياة. وهي قد تغيَّرت كثيرًا منذُ نَشْأَتِها قبْلَ حوالى 4,6 بليون سنة، ومُستَمِرَّةٌ في ذلك التغيُّر. وبالمُقابِل، فإنَّ القمَرَ جافٌّ لا حياةَ فيه، ولم تَطْرأ عليه سِوى تغيُّراتٍ طَفيفةٍ جِدًّا في الثلاثة بلايينَ سنةٍ الماضِيَة.

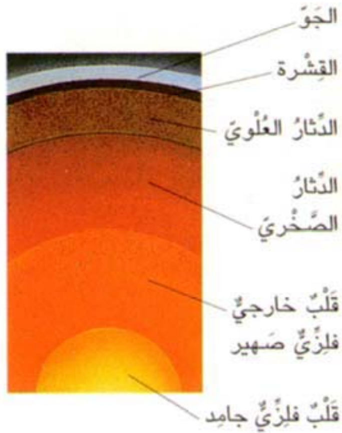
كوكَبُ الأرض

حوالَى ثُلُثَي سَطْحِ الأرضِ مُغَطَّى بالماء، الذي مُعْظمُه في حالةِ السُّيولة؛ لكِنَّه جليدٌ جامِدٌ في مِنْطَقتَي القُطْبَيْن، حيثُ الطَّقْسُ أبرَدُ بكَثير. أمَّا باقي سَطْحِ الأرض فمؤلَّفٌ من كُتَلٍ يابِسَة – هي القارّات. ويَستَقِرُّ الماءُ واليابِسَةُ كلاهما على الغِلافِ الصَّخريِّ الخارجيِّ للأرض – الذي نُسَمِّيه القِشْرةَ. هذه القِشْرةُ مُفَلَّقةٌ إلى صفائحَ صَخريَّة – منها ثماني صفائحُ عِمْلاقةٌ، وعِدَّةُ صفائحَ أصغَر. وهذه الصفائحُ بدَوْرِها تَسْتَقِرُّ على دِثارٍ صَخريٍّ صَهيرٍ حارّ.

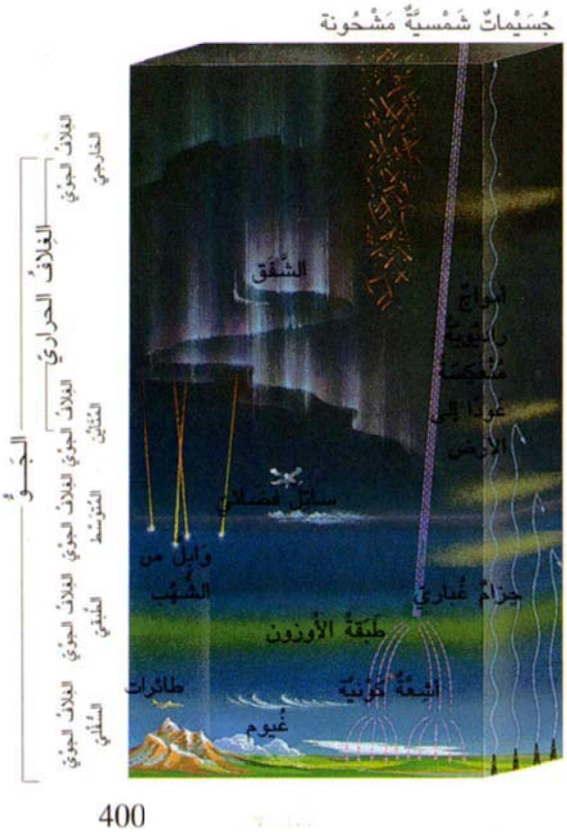
تتحَرَّكُ الصفائحُ مُتَنَقِّلةً فوقَ الصخرِ الصَّهير، فتُحدِثُ تغَيُّراتٍ في صَفحةِ الأرض. وحينَما تتدافعُ صفيحتانِ بعُنْفٍ، يُمكِنُ أن تَندَفِعَ القِشْرةُ إلى أعلى فتُكَوِّنُ جِبالًا. وعندما تَتَباعَدُ الصفائحُ تحتَ المُحيطاتِ يَنْدَفِعُ الصخرُ الصَّهيرُ بينها ويُشَكِّلُ حُيودًا مُحيطيَّة. كما قد يَطْفَح الصَّخر الصهيرُ مُنْقذفًا من البَراكين عَبْرَ اليابِسَة.



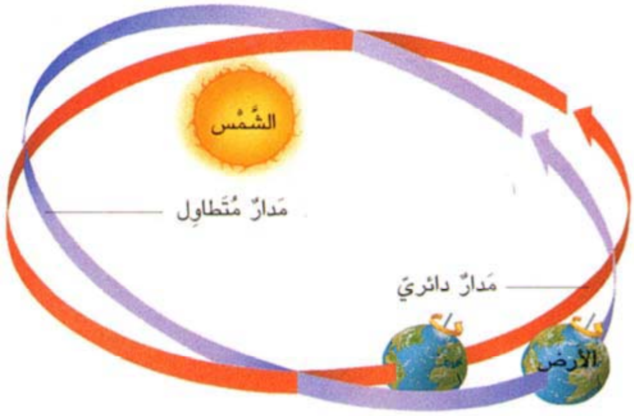
يَبْدو كوكبُنا من الفَضاء أزرقَ وأبيضَ. فالزُّرقةُ مَصْدرُها المياهُ التي تُغَطِّي ثُلُثَي سَطْحِه، والبَياضُ مَصْدرُه الغُيومُ في الجَوِّ الذي يُحيطُ به.



▲ عندما كانت الأرضُ أحدثَ عَهْدًا وأشدَّ حُمُوًّا غاصَ حديدُها الثَّقيلُ إلى مَرْكزِها مُشكِّلًا قَلْبًا؛ وطفَتِ الصُّخورُ الأخَفُّ فوقَ الفلزّ. ومُنذُئذٍ أخذَتِ الأرضُ تَبْرُدُ؛ لكِنَّ الدِّثار وجُزْءًا من مادَّةِ القَلْب لا يزالان صَهيرَيْن.



يُقَسَّمُ جَوُّ الأرض إلى طَبَقاتٍ أو غِلافات. فعلى مَقْرُبَةٍ من سَطْحِ الكوكب يُوجَدُ الغِلافُ السُّفْليُّ الذي يَضُمُّ أكثرَ من 75 بالمئة من الجَوّ. والطبَقةُ الأعلى – الغِلافُ الخارجيُّ – تَعْلُو 500 كم فوقَ سَطْحِ الأرض، وتَحْوي مِقْدارًا ضئيلًا جدًّا من الهواء، ثُمَّ تضْمَحِلُّ في غياهِبِ الفَضاء.



جاذبيَّةُ الكواكب في مَنْظومَتِنا الشمسيَّة تُغَيِّرُ مَدارَ الأرضِ حوْلَ الشَّمْس من دائريٍّ إلى مُتَطاوِل على مَدى فَتْرةٍ تبلُغُ 100 000 سنة.

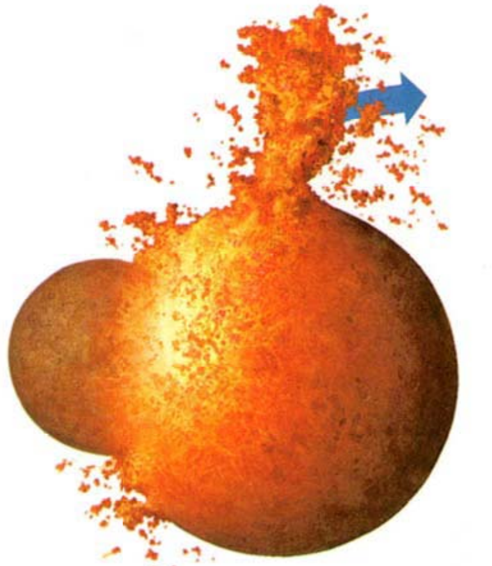
والأرضُ مُحاطةٌ بجَوٍّ يتألَّفُ من حوالى 78 بالمئة نِتْروجين و21 بالمئة أُكسجين و1% غازاتٍ أُخرى. وهذا الجَوُّ يُوَفِّرُ لنا الهواءَ الذي نَتَنَفَّسُه، ويَقينا من الإشعاعاتِ المُؤذيةِ الواردةِ من الشَّمْسِ والفَضاء – كما يَسْمَحُ بمُرورِ ضَوءِ الشَّمْس ويُسْهِمُ بالتحَكُّمِ في دَرَجاتِ الحرارة. وفي الجَوِّ السُّفْليِّ، يُمْتَصُّ الماءُ فَيَتكَثَّفُ غُيومًا ثُمَّ يَسْقُطُ عائدًا إلى الأرض مَطَرًا أو ثَلْجًا. والمِياهُ والرِّياحُ أيضًا عَوامِلُ لها تأثيراتُها التَّغْييريَّةُ في صَفيحةِ الأرض وتَشْكيلاتها حَتًّا وتَعرية.

المَداراتُ والتَّدْويم

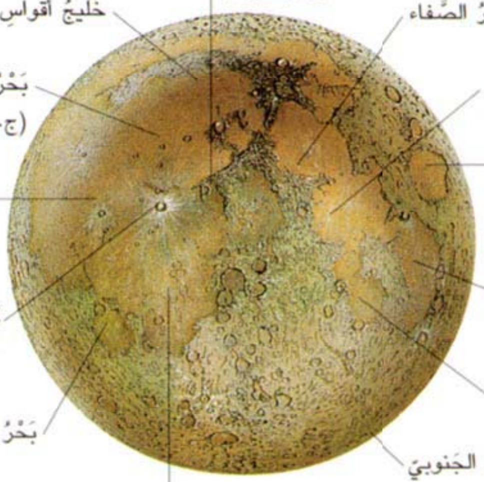
دَورةُ الأرض الكامِلَةُ حوْلَ الشَّمْس تَسْتَغْرِقُ 365,25 يومًا. ومع حَركتِها على طُولِ مَدارِها. تُدَوِّمُ الأرضُ أيضًا حوْلَ مِحْورِها مَرَّةً كُلَّ 23,9 ساعة. ويُرافِقُ القَمَرُ الأرضَ في دَورانِها حوْلَ الشَّمْس، دائرًا حوْلَها في مَدارٍ يبلُغُ مُعَدَّلُ بُعْدِه عن الأرض 384 400 كم. وهذا هو مُتَوسِّط البُعدِ لأنَّ مَدارَ القَمَر إهليلَجِيُّ الشَّكْل تَتَباينُ فيه المَسافةُ بينَ القَمَر والأرض. يَسْتَغْرِقُ القَمَرُ 27,3 يومًا لِيُكمِلَ دَورةً واحِدةً حوْلَ الأرض، ويُدَوِّمُ حوْلَ مِحْوره مَرَّةً في الفَتْرةِ نَفْسِها. لذا فإنَّ الوَجْهَ الذي نَراه من القَمَر هو الجانِبُ نَفْسُه المُقابِلُ للأرضِ دَوْمًا.

قَمَرُ الأَرض

الجانِبُ نَفْسُه من القَمَر يُواجِهُ الأرضَ دَوْمًا. وتُشاهَدُ عَبْرَه بسُهولةٍ مُنْخَفضاتٌ مُسَطَّحةٌ تمتدُّ عِدَّةَ مئاتٍ من الكيلومِتْرات – تُسَمَّى بِحارَ القَمَر. وهي أدكَنُ لَوْنًا من سَلاسِلِ المُرْتفعات الجبَليَّة المُنَقَّرة بوَهَداتِ الفُوَّهات البُركانيَّةِ الضَّخْمة حولَها. كما تُغَطِّي سطحَ القَمَر فُوَّهاتٌ بُرْكانيَّةٌ أصغَر.



لا أحدَ يعلَمُ يَقينًا كيفَ تكوَّنَ القَمَر. ويُعْتَقَدُ أنَّ كُرَةً صَخريَّةً بِحَجْمِ المِرِّيخِ ارتطمَتْ عَرَضًا بالأرض، فاتَّحدَتْ بها مَوادُّ من الأرض فكوَّنَتِ القَمَر.





▲ يَبْلُغُ سُمْكُ قِشْرةِ القَمَر حوالى ما بين 60 إلى 100 كيلومتر يُغَطِّيها الثَّرى القمريُّ وهو طبَقةٌ من الغُبارِ والصُّخورِ المُفَتَّتة بصَدَماتِ النيازك. وبسبَبِ جاذبيَّةِ القَمَرِ الضعيفة جِدًّا يَنْعَدِمُ الجَوُّ أو الرِّيحُ أو الطَّقْس.

القَمَر

القَمَرُ غيرُ مُنيرٍ بذاتِه، لكِنَّه يَسْطَع بضَوءِ الشَّمْس المُنعَكِس عليه. مَعلومٌ أنَّ نِصْفَ القَمَر مُنارٌ بالشَّمْسِ دائمًا، ونِصْفُه الآخَرُ مُظلِمٌ. كذلك، فإنَّ نصفَ الأرضِ دائمًا في نَهارٍ ونِصفًا في لَيْل. وبدَورانِ القَمَر حوْلَنا، نَرى أجزاءً مُتَبايِنَةً من نصفِه المُنار بالشَّمْس – نُسَمِّيها أوْجُهَ القَمَر.

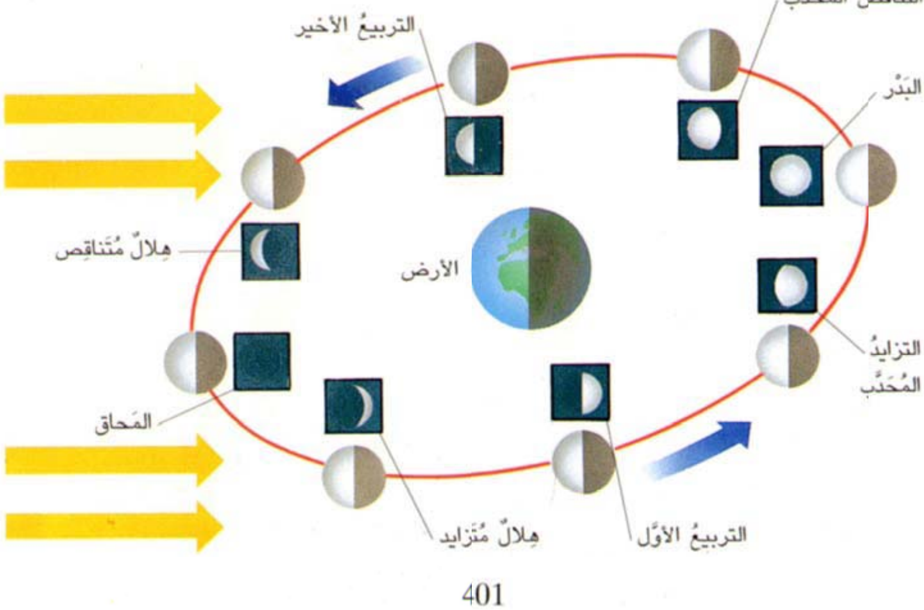
وتَسْتَغْرِقُ الدَّورةُ الكامِلَةُ لأَوْجُه القَمَر 29,5 يومًا – تمتَدُّ من رؤيتِنا إيّاهُ هِلالًا بعد المَحاق حين يكون الجانِبُ المُواجِهُ لنا مُظْلِمًا تمامًا حتّى البَدْرِ (القَمَرِ المُكْتَمِل) عندما يكونُ هذا الجانبُ مُنارًا بالكامِل؛ ثُمَّ عَودًا إلى الهِلال مُجَدَّدًا لِبَدْءِ الدَّورةِ مُجَدَّدًا. يُمكِنُ مُشاهَدةُ بعضِ مَعالِمِ سَطْحِ القَمَر بالعَيْنِ المُجَرَّدة. فالمناطِقُ الأفْتَحُ لَوْنًا هي مُرْتَفعاتٌ أقدَمُ وأعلى، والمناطِقُ الأقتَمُ هي سُهولٌ أحدثُ وأخفضُ وأكثَرُ تسَطُّحًا. ويُمكِنُ بمِنظارٍ ثُنائيّ العَيْنيَّةِ أو بتِلِسْكوب تَبَيُّنُ الفُوَّهاتِ البُركانيَّةِ الصَّدْميَّة التي تُغَطِّي كامِلَ سَطْحِ القَمَر. وقد تكوَّنت هذه الفُوَّهاتُ في مُعْظَمِها عندما كان القَمَرُ يُقْصَفُ بِصُخورٍ فَضائيَّةٍ في الفَتْرة ما بين ثلاثَةِ وأربعةِ بلايينَ سنةٍ. ثُمَّ على مَدى البليون سنةِ التاليةِ انسابَتِ اللّابَةُ (الحُمَمُ البُركانيَّة) عَبْرَ شُقوقٍ في قِشْرةِ القَمَرِ وغَمَرَتِ الفُوَّهاتِ البُرْكانيَّةَ الأكبَرَ مُكَوِّنَةً «البِحارَ» القَمَريَّة – وهي المناطِقُ القاتِمَةُ التي يُمكِنُ رُؤيَتُها بالعَيْنِ المُجَرَّدة التي أسماها الفلكيُّون الأوائِلُ بِحارًا لِاعتِقادِهم أنَّها كذلك.



مِساحاتٌ شاسِعَةٌ من سَطْحِ الأرض تغَيَّرَتْ مَعالِمُها بأنشِطَةِ البَشَر. فمَعَ تَزايُدِ عددِ سُكّانِ الأرض المُتَواصِلِ تَزدادُ مَبانيهم ومَزارِعُهم وطرقُ الاتِّصال بَيْنَهم مِمّا يَشغَلُ المزيدَ من سَطْحِ الأرض ويُغَيِّر مَعالِمَها.



هنالك حوالَى 850 بُركانًا ناشِطًا على سَطْحِ الأرض، تَتَدفَّقُ منها اللّابَةُ مُغَيِّرةً صَفْحَةَ الأرض والمَعالِمَ الطبيعيَّةَ فيها؛ وأحيانًا تُكَوِّنُ هذه اللّاباتُ جُزُرًا جَديدة.



نِصْفُ القَمَر مُنارٌ بِضَوءِ الشَّمْس دائمًا. وتعتَمِدُ أوجُهُ القَمَر على مِقْدارِ ما يراه النّاظِر من الأرض من هذا النِّصْفِ المُنار. ففي المَحاقِ عندما يقَعُ القَمَرُ بين الشَّمسِ والأرض مُتَسامتًا مَعهما تَقريبًا، لا يُمكِنُ رؤيةُ أيِّ جُزْءٍ من نصفِه المُنار. وبعْدَ حوالى الأسبوع، في التربيعِ الأوَّل، يُمكِنُنا رؤيةُ نِصْفِ وَجْهِ القَمَر المُنارِ بضَوءِ الشَّمْس؛ ثُمَّ عندما يكونُ بَدْرًا نَرى هذا الوَجْهَ بالكامِل. وبِحُلولِ التربيعِ الأخير يُمكِنُنا ثانيةً رؤيةُ نِصفِ الوَجْهِ المُنار فَقَط.

أنْظُر أيضًا

الأرضُ والمَنْظومةُ الشمسيَّة ص 2

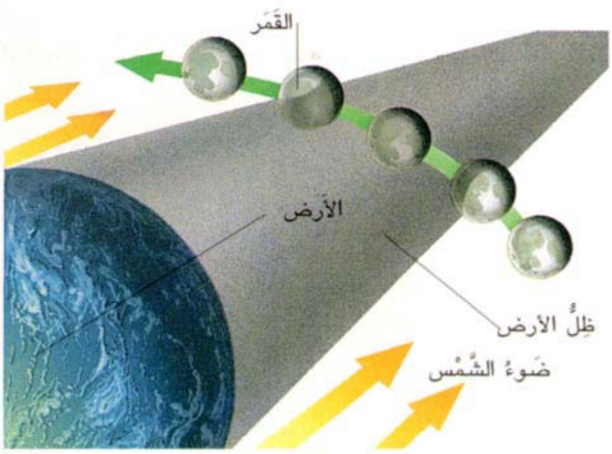
بِنْيَةُ الأرض ص 8 – 9

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوّيّ للأرض) ص 10 – 11

المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399

الكُسُوفُ والخُسُوف

عندما يقعُ القمرُ في ظِلِّ الأَرضِ يكونُ الخُسُوف. وعندما يُغَطِّي القمرُ الشَّمْس ويَحْجُبُ ضَوءَها عن الأرض يكونُ الكُسُوف.



يَحْدُثُ خُسوفُ القَمَرِ عندما يَمُرُّ عَبْرَ ظِلِّ الأَرض. ولا تنعدِمُ رؤيتُه تمامًا لأنَّ قليلًا من ضوءِ الشَّمْس يَنْتَشِرُ في الظِّلِّ بفَضْلِ جَوِّ الأرض.

أثناءَ دَورانِ الأرضِ حوْلَ الشَّمْس، يَدورُ القَمَرُ حوْلَ الأرض. ومن الأرض يُشاهَدُ القَمَرُ في السَّماءِ أحيانًا في الوَقْتِ نَفْسِه كما الشَّمْس. ورُغْمَ أنَّ الشَّمْس أربعُمائةِ مَرَّةٍ أكبَرُ من القَمر، فإنَّهما يَبْدوان في السماءِ بحَجْمٍ مُتماثِلٍ تَقريبًا. ذلك لأنَّ القمرَ أربعُمائةِ مَرَّةٍ أقربَ إلى الأرض من الشَّمْس. وإذا تَسامَتَ القَمَرُ مُباشَرةً مع الشَّمْس فإنَّهُ يَحجُبُها كُلِّيًا أو جُزْئيًّا مُحْدِثًا كسُوفًا شَمْسيًّا. وعندما يكونُ القَمَرُ على الجانبِ المُقابِلِ للأرض بالنِّسْبةِ إلى الشَّمْس، فقد يَمُرُّ عَبْرَ ظِلِّ الأرض فيُخْسَفُ بِدَوْرِه.



في الخُسوفِ الكُلِّيِّ يكونُ كامِلُ القَمَرِ مُغَطًّى بظِلِّ الأرض. وبخِلافِ الكُسوف، لا حاجَةَ إلى مُعَدّاتٍ خاصَّةٍ لِرَصْدِ خُسوفٍ قَمَريّ. فما دامَ القَمَرُ في السَّماءِ ولا تَحجُبُه الغُيومُ يُفْتَرضُ أنْ يكونَ الخسوفُ مَرْئيًّا.

خُسُوفُ القَمَر

أثناءَ دَورانِ القَمَر حوْلَ الأرض يُمكِنُ أنْ يَمُرَّ كُلِّيًا أو جُزْئيًّا خارجَ ضَوءِ الشَّمْس إلى مِنْطَقةِ الظِّلّ، فيُخْسَفُ كُلِّيًا أو جُزئيًّا. لكِنَّ مسارَ القَمَر لا يأخذُه عَبْرَ ظِلِّ الأرضِ في كُلِّ دَوْرةٍ حوْلَها، فلا يَحْدُثُ خُسوفٌ قَمَريٌّ في كُلِّ دَورة. ولا يتَجاوَزُ ذلك الثلاثَ مَرّاتٍ سَنَويًّا. عندما يكونُ كامِلُ القَمَرِ في ظِلِّ الأرضِ يَحْدُثُ خُسوفٌ كُلِّيّ. أمّا إذا تغَطَّى جُزْءٌ من القَمَرِ فَقط بِظِلِّ الأرض، فيكون الخُسُوف جُزْئيًّا.

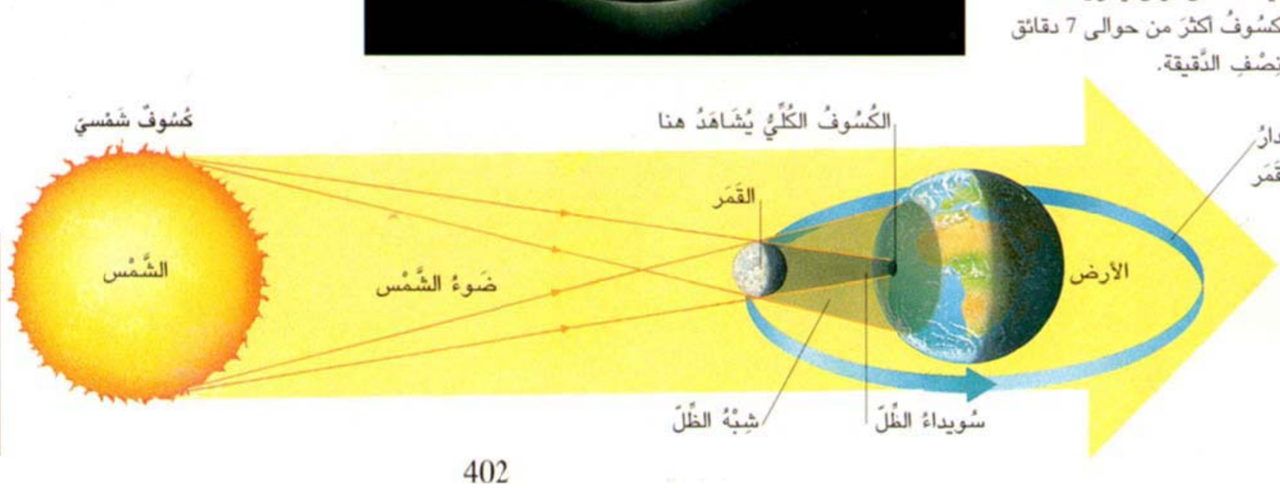
كُسُوفُ الشَّمْس

يَمُرُّ القَمَرُ بينَ الأرضِ والشَّمْس في كُلِّ مَرَّةٍ يَدورُ فيها حوْلَ الأرض. وخلالَ ذلك يكونُ القَمَرُ في المَحاق – وَجْهُهُ المُواجِه بَعيدًا عن الأرض مُنارًا والجانبُ المُواجِهُ للأرض مُظْلِمًا. وحينما يقَعُ القَمَرُ بين الشَّمْسِ والأرضِ مُباشَرةً فإنَّه يَحْجُبُ ضَوءَ الشَّمْس ويُلْقي ظِلًّا على الأرض مُحْدِثًا كُسُوفًا. فإنْ كانَ قُرْصُ الشَّمْس مُغَطًّى تمامًا بقُرْصِ القَمَر، فإنَّ الناسَ في نِطاقِ هذا الظِّلِّ يُشاهدون كُسُوفًا كُلِّيًّا للشَّمْس. أمّا إذا غَطّى القَمَرُ قُرصَ الشَّمْس جُزْئيًّا فإنَّ الكُسُوفَ يكونُ جُزْئيًّا. الكُسُوفُ لا يَحْدُثُ في كُلِّ مَحاق، لأنَّ الأرضَ والقَمَرَ والشَّمْس عادةً لا تَتَسامَتُ مُباشَرةً، ولأنَّ القَمَرَ حتَّى في حال التسامُت لا يُغَطِّي قُرْصَ الشَّمْس عن كاملِ الأرض. الكُسُوفُ الشَّمْسيُّ يَحْدُثُ مَرَّةً أو مَرَّتَيْن فقط سَنَويًّا، ولا يُشاهَدُ إلّا في مناطقِ الأرض التي يُغَطِّيها ظِلُّ القَمَر. وخِلالَ كسُوفٍ كُلِّيٍّ، يُمكِنُ مُشاهدَةُ الإكليل – وهو الغِلافُ الجَوِّيُّ الخارجيُّ الباهتُ للشَّمْس – الذي يختفي عادةً في وَهَجِ قُرْصِ الشَّمْس السَّاطِع.



قبْلَ الكُسوفِ الكُلِّيِّ لِقُرْصِ الشَّمْس بواسطة القَمَر وبعْدَه مُباشَرةً يُمكِنُ رؤيةُ ظاهِرةِ الخاتَمِ الماسيّ. فيَسْطعُ ضوءُ الشَّمْسِ بضْعَ ثوانٍ بين الجِبال على سَطْحِ القَمَر مُخَلِّفًا ماسَةً هائلةً مُتلألِئةً في السَّماء.

▼ القَمَرُ يُلْقي ظِلًّا في الفَضاء. وعندما يَبْلُغُ هذا الظِّلُّ الأرضَ، فإنَّ الشَّخْصَ المُتَواجِدَ في جُزْءِ الظِّلِّ الأشَدِّ ظُلْمةً، المَعْروفِ بسُويداءِ الظِّلّ، سيُشاهِدُ كسُوفًا كُلِّيًّا للشَّمْس؛ ولَن يطولَ هذا الكسُوفُ أكثرَ من حوالى 7 دقائق ونِصْفِ الدَّقيقة.



انْظُر أيضًا

الحَرارةُ والضَّوءُ من الشَّمْس ص 242 – 243
الشَّمْس ص 394 – 395
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

عُطارِد – الكوكَبُ الأَقْرَبُ إلى الشَّمْس

الكوكَبُ الأَقْرَبُ إلى الشَّمْس عالَمٌ صغيرٌ صَخريٌّ خالٍ من الهواء. سَطْحُ عُطارِد المُغَطَّى بالوِهاد والفُوَهات يُجابِهُ دَرجاتِ حرارة قُصْوى عُلْيا ودُنيا، لكِنَّه لم يَتغيَّرْ على مَدى بَلايينِ السِّنين.



أينَما تَنْظُرْ إلى كَوكبِ عُطارِدَ فالمنظَرُ هو سَطْحٌ صَخريٌّ مُنَدَّبٌ بالوِهاد (ج. وَهدة). والسَّماءُ فوقَه سوداءُ لإنعدامِ جَوٍّ يَعْكِسُ ضَوءَ الشَّمْس.



عُطارِدُ هو ثاني أصغرِ الكواكب. ولا يُمكِنُنا، من الأرض سوى رُؤيَةِ عَلاماتٍ باهِتَةٍ على سَطْحِه الصَّخْرِيِّ فقط.



عُطارِدُ كَوكبٌ صَخْرِيٌّ ذو قَلْبٍ فلزِّيٍّ ضَخْمٍ لافِت. ويُحيطُ بهذا القَلبِ الضَّخْمِ دِثارٌ صَخْرِيٌّ يَعْلوه جَوٌّ يَكادُ بِرقَّتِه يُقارِبُ العَدم. خِلالَ النَّهار، من شُروقِ الشَّمْسِ حتَّى مَغيبِها، تَبْلُغُ درجَةُ الحرارةِ على سَطْحِ الكوكبِ 450°س، ثُمَّ خِلالَ اللَّيْلِ الطويلِ تَهْبِطُ إلى حوالى – 170°س.

من العَسيرِ مُشاهَدةُ عُطارِدَ ودِراستُه من الأرض بسَبَبِ قُرْبِه المُسْتَمِرِّ من وَهجِ الشَّمْس. ومُعظمُ مَعْلوماتِنا عن عُطارِدَ مَصْدرُها مارينَر 10 – السَّابِرُ الفَضائيُّ الوَحيدُ الذي زارَه. فقد التقطَ مارينَر 10 صُورًا لِكامِلِ جانِبٍ واحِدٍ من عُطارِد تَقريبًا. وهذه الصُّورُ وُلِّفَتْ بعْدَ بَثِّها عَودًا إلى الأرض لِتُعْطي صورةً إجماليَّةً لِكَثيرٍ من سَطْحِ الكوكَب.

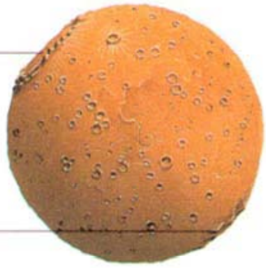
سَطْحُ عُطارِد

سَطْحُ عُطارِدَ مُغَطَّى بِوِهادٍ تكوَّنَتْ أثناءَ قَصْفِه بالرُّجُمِ النَّيْزَكِيَّة منذُ حوالى أربعةِ بلايينَ سَنةٍ. ويَتراوحُ اتِّساعُ فُوَّهاتِ الوِهادِ بين بِضعةِ أمتارٍ ومِئاتِ الكيلومترات. أمَّا أكبَرُها – حَوْضُ كالُورِيْس – فيَبْلُغُ عَرْضُه حوالَى 1300 كيلومتر. وفي داخِلِ هذا الحَوْضِ سُهولٌ مُسَطَّحةٌ من اللَّابة (الحُمَمِ البُرْكانيَة) المُتجمِّدةِ التي كانت تَنِزُّ في ما مَضى من دواخِلِ الكوكَب. وتَقْطَعُ سَطْحَ عُطارِدَ أيضًا تَغَضُّناتٌ وحُيودٌ تَرْتَفِعُ بِضْعةَ كيلومتراتٍ تكوَّنَتْ أثناءَ تَبَرُّدِ الكوكبِ وتَقلُّصِه في حَداثَةِ عَهْدِه؛ فتَغَضَّنَ دِثارُ الكوكَبِ الخارجيُّ وقِشْرَتُه كجِلْدِ تُفَّاحةٍ ذاوِيَة.

مَدارُ عُطارِد وتَدْويمُه

مَدارُ عُطارِدَ حوْلَ الشَّمْس مُتطاوِلُ الشَّكْل – يَتفاوَتُ بُعْدُه عن الشَّمْسِ بين 70 مليون كم في أَوْجِه الأَبْعَد و46 مليون كم فقَطْ في حَضيضه الأَقْرَب. لذا تَبْدو الشَّمْسُ أحيانًا في سَماءِ عُطارِدَ مَرَّةً ونِصفَ المرَّة أكْبرَ قُطْرًا، ودرجةُ الحرارة ضعفَ ما هي عليه في أوقاتٍ أُخرى. يَدورُ عُطارِدُ في مَدارِه حوْلَ الشَّمْسِ بِسُرْعةِ 48 كم في الثانية – مِمَّا يجعَلُه أسرَعَ الكواكبِ السيَّارة – فيُكْمِلُ الدورةَ في مَداره خِلالَ 88 يومًا فقَطْ. وهو يُدَوِّمُ بِبُطءٍ حوْلَ مِحْوره أثناءَ دورانِه مُسْتَغرِقًا 59 يومًا لإكمالِ تَدْويمَةٍ واحدةٍ. فالجَمْعُ بين دَورانِه السَّريعِ في مَدارِه حوْلَ الشَّمْس وتَدْويمِه البَطيءِ حوْلَ مِحْورِه يَعْني أنَّ الواقِفَ على كوكَبِ عُطارِدَ عليه أنْ يَنْتَظِرَ 176 يومًا كي يُشاهِدَ شُروقَيْن مُتتالِيَيْن للشَّمْس. أي إنَّ السَّنةَ (88 يومًا) ستكونُ أَقْصَرَ عنده من اليوم (176 يومًا).





حَوْضُ كالُورِيْس – المَعْلَمُ الأبْرَزُ على سَطْحِ عُطارِدَ تكَوَّنَ عندما تحَطَّمَ على الكوكبِ جِرْمٌ عَرْضُه 100 كم. فَسَرَتْ من هذا الإرتطامِ امواجٌ صَدْمِيَّةٌ عَبْرَ الكوكَبِ رافِعَةً التِّلالَ وناصِبَةً الجِبال.



مَرَّ السَّابِرُ الفَضائيُّ، مارينَر 10، بجانِبِ عُطارِدَ ثلاثَ مرَّاتٍ خِلالَ عامَيِ 1974 و1975. والتقَطَتْ كاميراتُه سِلْسِلةً من الصُّوَرِ المُتراكِبَةِ التي جرى تَوليفُها لِتُعْطي مَنْظرًا شامِلًا لِهذا الكوكَب.

أُنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 394 – 395
المَنْظومةُ الشمسيَّةُ ص 398 – 399
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419

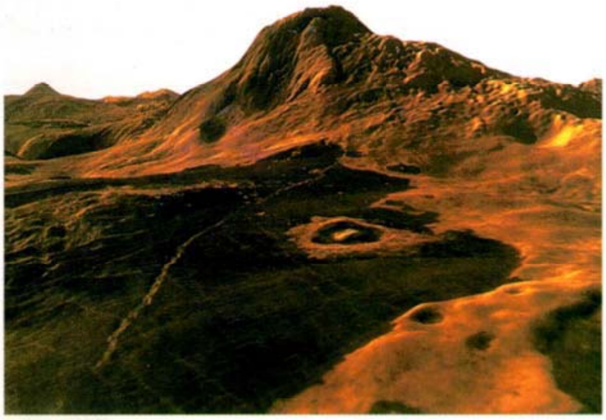
الزُّهَرَة – الكوكَبُ الأَسْخَن

الزُّهَرَة، أسخنُ الكواكبِ في المَنْظومةِ الشمسيَّة، عالَمٌ صَخْريٌّ مُوحِش شَكَّلتْ سَطْحَه ومَعالِمَه الأنشِطَةُ البُرْكانيَّةُ؛ ويُحيطُ به جَوٌّ كثيفٌ خانِقٌ.



تَكادُ الشَّمْسُ لا تُرى في سَماءِ الزُّهَرةِ البُرْتُقاليَّةِ الكامِدَة، مَحْجوبةً بالسُّحُبِ الكثيفة. وأثناءَ اللَّيْلِ تَنْعَدِمُ رؤيةُ النُّجومِ كُلِّيًا.

الزُّهَرَةُ كوكَبٌ صَخْريٌّ، هو الثاني من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس؛ وحَجْمُه مُماثِلٌ لِحَجْمِ الأرض. وهو يَبْدو كنَجْمٍ ساطِعٍ في سَماءِ الأرض بعْدَ المَغيب فيُسَمَّى نَجْمَ المساءِ أو قَبْلَ شروقِ الشَّمْس، فيُسَمَّى نَجْمَ الصَّباح. وهو يَبْدو مُتألِّقًا بسَببِ انعِكاسِ ضوءِ الشَّمْس على قِمَمِ سُحُبِه الكثيفة التي تَحْجُبُ العالَمَ الصَّخريَّ تحتَها. كوكَبُ الزُّهَرَة يُدَوِّمُ بِبُطءٍ إذْ يَسْتَغْرِقُ 243 يومًا لِيُدَوِّمَ مَرَّةً حوْلَ مِحْوَرِه؛ وهو الكوكبُ الوَحيدُ المُدَوِّمُ شَزْرًا (باتِّجاه عقارِبِ السَّاعة) عندما يُنْظَر إليه من قُطْبِه الشَّماليِّ – فيما يَدور حوْلَ الشَّمْس في اتِّجاهٍ مُعاكِسٍ مَرَّةً كلَّ 225 يومًا أرضيًا.



جَبَلُ مآت، الذي يَبْلُغُ ارتفاعُه 9 كم، هو أحدُ أكبرِ البراكين على سَطْحِ الزُّهَرة؛ وانسِيافاتُ اللاَّبَةِ تَمْتَدُّ مئاتِ الكيلومترات عَبْرَ قاعدتِه. المَعْلوماتُ الرَّاداريَّةُ التي سَجَّلَتْها المَرْكَبةُ الفضائيَّةُ الأمريكيَّة مَجِلَّان، عُولِجَتْ حاسُوبيًّا لإنتاجِ هذه الصُّورة.

جَوُّ الزُّهَرَة

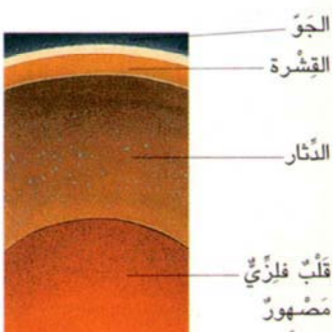
جَوُّ الزُّهَرَةِ الكثيفُ يتألَّفُ غالبًا من ثاني أُكسيد الكَرْبون. وهو يَحوي قَدْرًا كبيرًا من المادَّةِ بحيثُ يُشْعِرُ أنَّه أكثفُ من الماء، ويَفوقُ ضَغْطُه الضغطَ الجوِّيَّ على الأرضِ 90 مَرَّةً. ويَحوي جَوُّ الزُّهَرَةِ أيضًا غُبارَ الكِبْريت وقُطَيراتٍ من حامضِ الكِبْريتيك من البراكين الثائرة مُنْذُ حداثةِ عَهْدِه. ضَوءُ الشَّمْس يَخْتَرِقُ الجَوَّ مُسَخِّنًا سَطْحَ الكوكب؛ وهذا السَّطحُ يُشِعُّ الحرارةَ، لكِنَّ الجَوَّ يَحْتَبِسها، بظاهرةِ الدَّفيئات، مُسَخِّنًا الكوكبَ أكثرَ فأكثرَ. ويَبْلُغُ مُعَدَّلُ دَرَجةِ حرارةِ السَّطْحِ 464°س.



سَطْحُ الزُّهَرةِ مَحْجوبٌ تَمامًا بالسُّحُبِ الكثيفة. هذه السُّحُبُ تَدورُ حولَ الكوكبِ كُلَّ أربعةِ أيَّام تَقريبًا مُشكِّلةً أنماطًا ثُلاثيَّةَ التَّفرُّع (بشَكْل Y) أو ثُنائيَّتَه (بشَكْل V).

مَعالِمُ سَطْحِ الزُّهَرَة

السَّوابِرُ الفَضائيَّةُ التي أطلَقها الاتِّحادُ السُّوڤياتيُّ السَّابِقُ اخترقَتْ جَوَّ الزُّهَرَةِ وهبَطَتْ على سَطْحِه. لكِنَّ تَخْطيطَ مَعالِمِ الكوكَبِ الطبيعيَّةِ جَرى بواسِطةِ سوابِرَ استخدَمَتِ الرَّادار وعَمِلَت من فَوقِ غيومِ الكوكب الكثيفة. وأنْجَحُ هذه السَّوابِرِ وأحدَثُها كانت مركبةَ الفَضاء الأمريكيَّة مَجِلَّان بين العامَيْن 1990 و 1994. فأظْهَرتْ سوابِرُها سَطْحًا عمرُه حوالى نِصْف بليون سنة كوَّنَتْهُ الأنشِطَةُ البُرْكانيَّة. الزُّهَرَةُ كوكَبٌ مُنْبَسِطٌ، 85 بالمئة من سَطْحِه سَهْلٌ بُرْكانيٌّ مُنَقَّطٌ بمِئاتِ الفُوَّهاتِ البُرْكانيَّةِ وتَدفُّقاتِ اللاَّبَة. كما يُوجَدُ أيضًا ما يَزيدُ على 900 وَهدة صَدْميَّةٍ تكوَّنَتْ نَتيجةً لارتطامِ صُخورٍ بِسَطْحِ الكوكَب.



الزُّهَرَةُ كوكَبٌ صَخريٌّ نَموذَجيٌّ ذو قَلْبٍ فلِزِّيٍّ ودِثارٍ وقِشْرةٍ صَخْريَّيْن. لكِنَّ الجوَّ المُحيطَ بالكوكبِ تَجْعَلُه مَكانًا غيْرَ صالحٍ لِحياةِ البَشَر.



◄ الزُّهَرَةُ ليسَ الكوكبَ الأقربَ إلى الشَّمْس؛ لكِنَّه الأشدُّ حُمُوًّا – ذلك لأنَّ جَوَّه الكثيفَ بالِغُ الفعاليَّةِ في احتِباسِ حَرارةِ الشَّمْس بفِعْلِ ظاهرةِ الدَّفيئات التي، كما الزُّجاجُ، تَسْمَحُ بِمُرورِ أمواجِ الضوءِ القَصيرة لكِنَّها تَحْتَبِسُ الأمواجَ الحراريَّةَ الأطوَل.



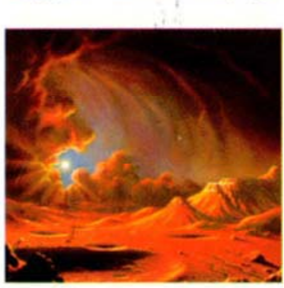
▲ المَرْكَبةُ الفَضائيَّةُ مَجِلَّان رسَمَتْ خرائطَ لِـ 98 بالمئة من سَطْحِ الزُّهَرَة بينَ عامَي 1990 وَ 1994. كما سجَّلَتْ مَعالِمَ سَطْحيَّةً باستِخْدام الرَّادارِ «للرؤية» عَبْرَ طبَقاتِ غيُومِه.

أُنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 394 – 395
المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
استِكْشافُ الفَضَاء ص 418 – 419

المِرِّيخ - الكوكَبُ الأَحْمَر

المِرِّيخُ هو الكوكَبُ الأكثَرُ شَبَهًا بالأَرض. وهو عالَمٌ جافٌّ صَخْرِيٌّ أحمَرُ يبلُغُ حَجْمُه حوالى نِصْفِ حَجْمِ الأرض، لكِنَّه أبرَدُ منها بكثير. وقد هبطَتْ على سَطْحِه مَرْكباتٌ فَضائيَّةٌ روبوتيَّةٌ لِتقصِّي أيِّ أثرٍ للحَياةِ عليه.



يُعرَفُ المِرِّيخُ بالكوكَبِ الأحمر. فهو يَتميَّزُ لا بِسَطحٍ أحمرَ فقطْ، بَلْ بِسماءٍ حمراءَ أيضًا. ومَصْدرُ هذا اللَّونِ هو دَقائقُ الغُبارِ التي يَنْثُرها هُبوبُ الرِّياحِ من السَّطحِ المُحْمَرِّ الغَنيِّ بالحديد.

المِرِّيخُ هو الكوكَبُ الرابع من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس، وهو حوالَى مَرَّةٍ ونِصْفِ المَرَّةِ أبعَدُ عن الشَّمْس من الأرض - مِمَّا يَجْعَلُه أبرَدَ من الأرض بكثير، إذْ يَهْبِطُ مُعَدَّلُ دَرجةِ حرارتِه إلى ما دون دَرجةِ التجمُّد بكثير. يَبْدو كوكَبُ المِرِّيخ أحمرَ ناريًّا بِسبَبِ التُّرْبةِ والصُّخورِ المُتناثرة عَبْرَ سَطْحِه والغَنيَّةِ بأكسيد الحديد (الصدأ). وتأثُّرًا بِمَنْظره الدَّمويّ أسماهُ الرومانُ «مارس» باسم إله الحَرْب في أساطيرهم.

معالِمُ سَطْحِ المِرِّيخ

الأنشِطةُ البُرْكانيَّةُ والرُّجُمُ النَّيْزَكيَّةُ والمياهُ الجاريَةُ تضافَرتْ في الماضي السَّحيق على تَشْكيلِ سَطْحِ المِرِّيخ كما نُشاهِدُه اليومَ. فكثيرٌ من سَطْحِه سَهلٌ صَحراويٌّ تَنْتَثِرُ فيه الصخورُ والكُثْبانُ الغُبارِيَّةُ وَوِهادٌ كوَّنَتْها الرُّجُم. لكنْ تَرْتفِعُ فوقَه مَعالِمُ عِمْلاقةٌ أو تَشُقُّ فيه أخاديدَ عَميقة. فبُركانُ جَبل أولِمْپُس - أعلى جَبلٍ في المَنْظومةِ الشمسيَّة - يَمْتَدُّ على مَدى 600 كم، ويَرْتفِعُ 24 كم فوق السَّهلِ المُحيط. ويُضاهي هذا رَوعةً مَنْظَرُ الأَوديَةِ البَحْريَّة - وهي مَنْظومةُ أخاديدَ هائلةٌ تَمْتَدُّ حوالى 4500 كم عَبْرَ الكوكب، ويبلُغُ عُمْقُها في بعضِ أقسامِها 8 كم. وهُنالكَ أيضًا أوديَةٌ مُتَمَعِّجةٌ، أشبَهُ بوديانٍ جافَّةٍ لأنهارٍ تكوَّنَتْ عندما كان المِرِّيخ يَحْوي مِياهًا جاريَةً منذُ أكثرَ من 3 بلايين سنة.

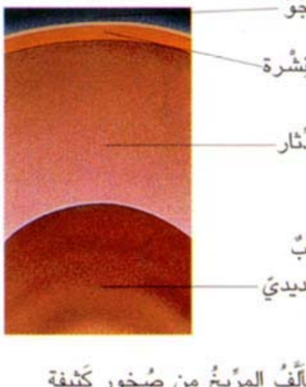


للمِرِّيخ قِمَّتان قُطبيَّتان باردتان - شَماليَّةٌ وجَنوبيَّة، يُغَطِّيهما الجليدُ المائيُّ (الماءُ المُتَجمِّد) والجَليدُ الجافّ (ثاني أكسيد الكَرْبون الجَليديّ).

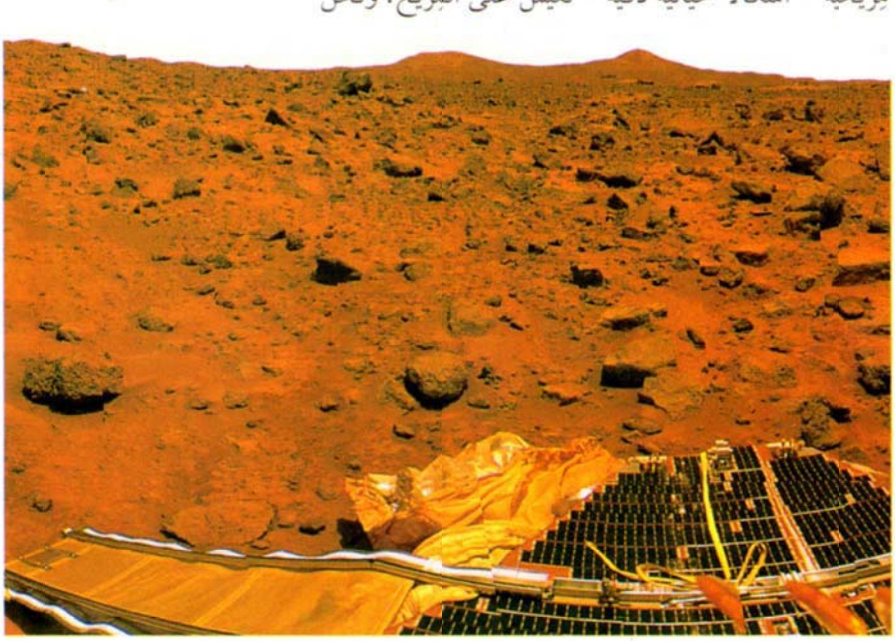
تقصِّي آثارِ الحياة في المِرِّيخ

منذُ ما يَقِلُّ عن قَرْنٍ من الزَّمان كان يَسودُ اعتِقادٌ أنَّ كائناتٍ مِرِّيخيَّةً - أشكالًا حياتيَّةً ذكيَّة - تَعيشُ على المِرِّيخ. ونحنُ نَعْلَمُ اليومَ أنَّ ذلك غيرُ صَحيح، لكِنْ رُبَّما تَتواجَدُ هناك أشكالٌ حياتيَّةٌ بِدائيَّة. قديمًا، كان المِرِّيخُ أدفأَ وأكثَرَ رُطوبةً، ولَعَلَّ أشكالًا حياتيَّةً تَنَشَّأتْ في مِثْلِ تِلكَ الظُّروف. لقد هبَطَ سابِران فَضائيَّان أمريكيَّان، ڤايكنْغ 1 وَ 2 على سَطْحِ المِرِّيخ عام 1976؛ وقاما بإجراءِ تحليلاتٍ على الغِلافِ الجَوِّيِّ وعَيِّناتٍ من التُّرْبة تقَصِّيًا لِوُجودِ حياةٍ هناك - فكانتِ النتائجُ سَلْبيَّةً.

ثُمَّ، في التِّسْعينيَّات من القَرْن العِشْرين، أُرسِلَ مَزيدٌ من المَرْكباتِ الفَضائيَّةِ لِتقصِّي المِرِّيخ. فدارتْ حوْلَ الكوكَبِ ورسَمَتْ له الخرائطَ ودرسَتْ أحوالَه الجَوِّيَّةَ وهبطَتْ على سَطْحِه. وكان أهمَّها السَّابِرُ الفَضائيُّ پاثفايِنْدَر عام 1997 الذي هبَطَ على المِرِّيخ بعْدَ رِحلَةٍ دامَتْ 7 شُهور. وكان يحمِلُ معه المَرْكبةَ الروبوتيَّةَ سوجُورْنر، ذات الدواليب السِّتة وحَجْمِ فُرْنٍ للتمَوُّجاتِ الصُّغْريَّة - التي تقَصَّتْ موقِعَ الهُبوط. ومؤخَّرًا أرسِلَ مَزيدٌ من المَرْكباتِ الفَضائيَّةِ المُخَصَّصةِ لدراسة المزيد عن المِرِّيخ.



يتألَّفُ المِرِّيخُ من صُخورٍ كَثيفةٍ وقَلْبٍ فلِزِّيّ. ويُحيطُ به جَوٌّ، يتألَّفُ بخاصَّةٍ من ثاني أكسيد الكربون، أرَقُّ وأخَفُّ ضَغْطًا من جَوِّ الأرض بحوالى 100 مَرَّة.



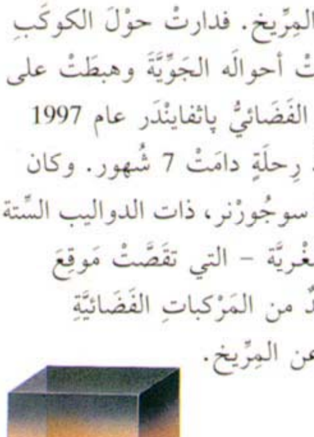
◄ هبَطَ السَّابِرُ الفَضائيُّ پاثْفايْنْدَر على سَطْحِ المِرِّيخ في تَمُّوز (يوليو) عام 1997. وانفتَحَ لِيَسْمَحَ للمَرْكَبةِ الرُّوبُوتيَّة سُوجورْنَر بالدُّروجِ على مُنْحدَرِه واستِطْلاعِ سَطْحِه.





للمِرِّيخ قَمَران صَغيران قاتِمان غيرُ مُنْتظِمَي الشَّكْل، يتألَّفان من صُخورٍ غنيَّةٍ بالكربون. وقد اكتشَفهما الفَلَكيُّ الأمريكيُّ أساف هُول عام 1877. ويُعْتَقَدُ أنَّهما كانا كُوَيْكبَيْن أسَرَتْهُما جاذبيَّةُ المِرِّيخ.

يَبْلُغُ طولُ فُوبُوس حوالى 27 كم؛ وهو القَمَرُ الأكبَرُ والأقرَبُ إلى المِرِّيخ. أمَّا دايْمُوس فيَبْلُغُ طولُه حوالى 15 كم.



تُثيرُ الرِّياحُ فوقَ السَّطْحِ سُحُبًا ضَخْمةً من الغُبار. وخِلالَ اللَّيْل، يَتجَمَّدُ ثاني أكسيد الكَرْبون مُكَوِّنًا صَقيعًا فِضِّيًّا.

أُنْظُر أيضًا

المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 - 399
الأرضُ والقَمَر ص 400 - 401
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 - 419

المُشْتَري – عِمْلاقُ الكَواكِب

المُشْتَري هو الأكبَرُ حَجْمًا، والأعظمُ كُتْلةً من مُجْمَل كُتَلِ الكواكبِ مُجْتَمِعةً في المَنْظومةِ الشمسيَّة. فهو عِمْلاقٌ غازيٌّ زاهي ألوانِ السُّحبِ السَّطحيَّة، وذو 16 قَمَرًا ومَنْظومةٍ حَلْقيَّةٍ رَقيقة.



لا وُجودَ لِسَطْحٍ جامِدٍ على المُشْتَري. فالحافَّةُ الخارجيَّةُ التي يُمكِنُنا رُؤيتُها هي غُيومٌ تَعْلو طَبَقاتٍ من الغاز. وأقمارُه الـ 16 تَمُرُّ عَبْرَ سَمائه أثناءَ دَورانِها حوْلَ الكوكَب.

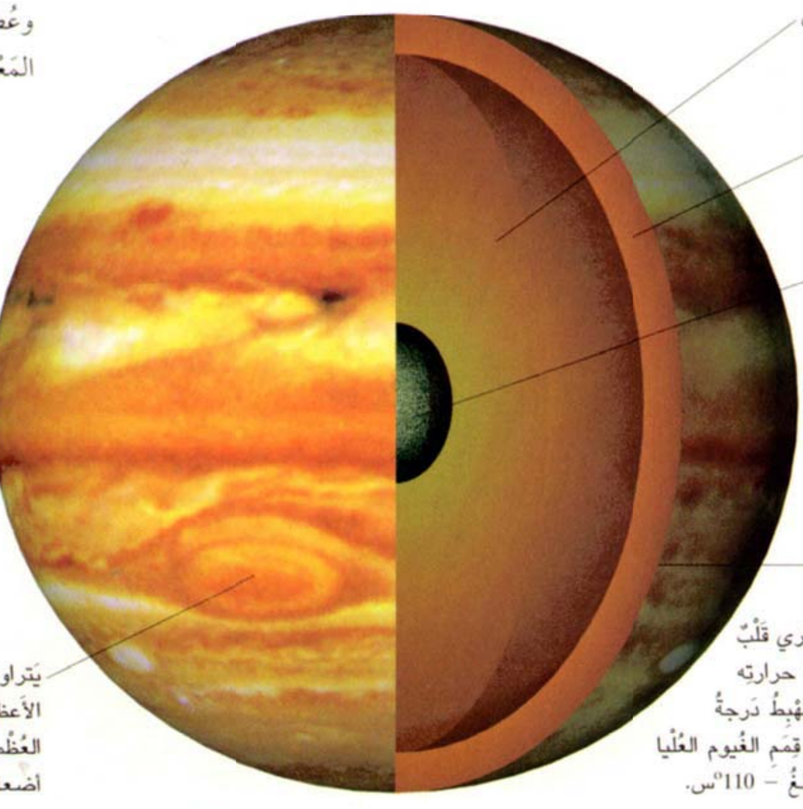
المُشْتَري فائقُ الضَّخامةِ يبلُغُ قُطْرُه عندَ خَطِّ استوائه 11 ضِعْفَ قُطْرِ الأرض، ويَتَّسِعُ جَوفُه لحوالى 1300 كوكبٍ من أمثالِ أرضِنا. وهو يتألَّفُ من حوالى 90 بالمئة هِدْروجين – مُعْظَمُه في الحالةِ الغازيَّة، بالإضافةِ إلى قُرابةِ 10 بالمئة هِلْيوم ومَقاديرَ ضئيلةٍ من عناصِرَ أُخرى. الجُزْءُ الخارجيُّ من المُشْتَري غازيٌّ دونَه طَبَقةٌ سائلةٌ وفي المَرْكزِ قَلْبٌ جامد. المُشْتَري هو الكوكبُ الخامِسُ من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس، ويَسْتَغْرِقُ 12 سنةً لِيَدُورَ دَورةً كامِلةً حَوْلَها. وهو يُدَوِّمُ حوْلَ مِحْورِه بِسُرعةٍ تفوقُ سُرعاتِ جميعِ الكواكبِ الأُخرى – مُسْتَغْرِقًا أقلَّ من 10 ساعات لِيُكمِلَ الدَّورةَ الواحدة.

طَقْسُ المُشْتَري

تَدْويمُ المُشْتَري السَّريعُ بالإضافةِ إلى الحرارةِ الصاعِدَةِ من دَواخِلِه، يُسْهِمان في تكوينِ طَقْسِ الكوكَبِ وآليَّةِ تَغَيُّرِه – مِمَّا يُنْتِجُ نُظُمَ ضغطٍ مُختلِفةً ورِياحًا عاتيةً تَبلُغُ سُرْعَتُها حوالى 650 كم/سا. أمَّا مَظْهَرُ الكوكبِ المُنَلَّمُ فعائدٌ إلى النُّطُقِ القاتِمةِ من الغازاتِ الهابطة، والنُّطُقِ الفاتِحةِ من الغازاتِ الصاعِدَة، التي تُوَلِّدُ عندَ التِقائها عواصِفَ يُمكِنُ رُؤيةُ كُبْراها من الأرض. وقد بَيَّنَتِ السَّوابِرُ الفَضائيَّةُ صواعِقَ عِمْلاقةً من التَّفْريغِ البَرْقيّ. والبُقْعةُ الحمراءُ العُظْمى هي اضطِرابٌ جَوِّيٌّ إعصاريٌّ يُدَوِّمُ كدُرْدورٍ ضَخْمٍ في اتِّجاهٍ بَنِّيٍّ (ضِدَّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة) مَرَّةً كُلَّ سِتَّةِ أيَّام، ويُغَيِّرُ مَوقِعَه من سَنةٍ لأُخرى.



السَّابِرُ غاليليو بلَغَ المُشْتَري عام 1995، وَدارَ حوْلَ الكوكَبِ مُدَّةَ سَنَتَيْن قبْلَ إرسالِ سابِرٍ إلى جَوِّه وتَقَصّي أقمارِه.



في صُلْبِ مَرْكَزِ المُشْتَري قَلْبٌ جامِدٌ حارٌّ، تبلُغُ دَرجةُ حرارتِه حوالَى 30 000°س. وتَهْبِطُ دَرجةُ الحرارة تَدْريجيًا نحو قِمَمِ الغيوم العُلْيا حيثُ البرودةُ فائقةٌ تبلغُ – 110°س.

يَتراوحُ قُطْرُ إعصارِ المُشْتَري الأعظم، البُقْعةِ الحمراءِ العُظْمى، ما بين ضِعْفَي وثلاثةِ أضعافِ قُطْرِ الأرض.

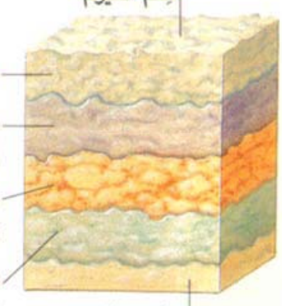


آيُوُو هو أحدُ أقمارِ المُشْتَري الأربعةِ الكُبْرى الغاليليَّة، المُسَمَّاة باسم الفَلَكيِّ غاليليُو غاليلي الذي اكتَشفَها عام 1610. سَطْحُ هذا القَمَرِ صَخْريٌّ مُلَوَّنٌ بالأحمرِ والأصفرِ بِسَبَبِ الكِبْريت الذي يَتَفَجَّرُ من بَراكينِه العَديدة.

أَقمارُ المُشْتَري

تُحيطُ بالمُشْتَري مَنْظومةٌ حَلْقيَّةٌ رقيقةٌ وأُسْرَةٌ مُنوَّعَةٌ كبيرةٌ من الأقمار تضُمُّ سِتَّةَ عَشَرَ قَمَرًا – منها أربعةٌ كبيرةٌ واثنا عَشَر صغيرةٌ. الأقمارُ الأربعةُ الكُبْرى هي آيُوُو، يُوروپا، چانيميد وكاليِسْتو – وتُعرَفُ بالأقمار الغاليليَّة. چانيميد هو القَمَرُ الأكبَرُ في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة وأكبَرُ من الكَوكبَيْن پْلوتو وعُطارِد. وآيُوُو هو الأكثَرُ نَشاطًا بُرْكانيًّا فاعِلًا بين الأجرام المَعْروفة.

▼ يتألَّفُ جَوُّ المُشْتَري من طَبَقات غَيميَّة. إنَّ قِمَمَ هذه الغُيوم والمَوادَّ تَحْتَها مُباشَرةً، حيثُ كلا درجةِ الحرارة والضَّغْطِ أعلى، هي التي تَمْتَزِجُ معًا لِتُكْسِبَ الكوكبَ مَظْهرَهُ المُمَيَّز.



أُنْظُر أيضًا

الهِدْروجين ص 179
المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419

زُحَل

يَبْدو زُحَلُ من الأرض نَجْمًا أصفَرَ ناصِعًا. لكِنَّ السَّوابِرَ الفَضائيَّةَ بَيَّنَتْ أنَّه كوكَبٌ زاهي الألوانِ ذو مَنْظومةٍ مُدهِشَةٍ من الحَلَقات وأُسْرَةٍ كبيرةٍ من الأنمار.



ليسَ لِزُحَلَ سَطْحٌ جامِد. فطبَقتُه الخارجيَّةُ ضَبابيَّةٌ من بِلَّوراتِ الأمونيا التي من العَسيرِ الرؤيَةُ عَبْرَها. ومَنْظومتُه الحَلْقيَّةُ هي المُهَيْمِنَة على سَمائه.

زُحَل – ثاني أكبَرُ الكواكب، والسَّادِسُ من حيثُ البُعْد عن الشَّمْس – هو عِملاقٌ غازيٌّ يتألَّفُ في مُعظمِه من الهِدْروجين. سَطْحُه الخارجيُّ غَيْرُ جامِدٍ، بَل يتألَّفُ من نُطُقٍ حِزاميَّةٍ من غُيومِ الأمونيا والماءِ والميثان يُلَوِّنُها الفُسفورُ وعناصِرُ أُخرى. وتُحيطُ بالنُّطُقِ الحِزاميَّةِ طَبَقةٌ ضَبابيَّةٌ تُخْفي الطَّقْسَ العاصِفَ تَحْتَها. لكِنْ يُمكِنُ مُشاهَدَةُ بعضِ اضطِراباتِ الطَّقْسِ من الأرض. وحوالَى ثلاثِ مرَّاتٍ في كُلِّ قَرْن تُشَوِّشُ سَطْحَ زُحَلَ عواصِفُ هَوجاءُ تُشاهَدُ كبُقَعٍ كبيرةٍ بيضاءَ على مَقْرُبَةٍ من خَطِّ استِواءِ الكوكَب.

وقد زَوَّدَتْنا ثلاثةُ سوابرَ فَضائيَّةٍ أُرسِلَتْ إلى زُحَلَ بِمَعْلوماتٍ جَمَّةٍ عن أحوالِ الكَوكبِ – كان أوَّلُها پايُونير «11» عامَ 1979، ثُمَّ تلاهُ ڤُوياجير «1» وڤُوياجير «2» في عامَي 1980 وَ 1981. هذه السَّوابرُ لمْ تُبَيِّنْ تفاصيلَ الكوكَبِ فحَسْبُ، بَلْ رَصَدتْ أيضًا مَنْظومتَه الحَلْقيَّةَ واكتشفَتْ 12 قَمَرًا من أقمارِه. وتتَّجِهُ نحوَهُ حاليًّا مَرْكبةٌ فَضائيَّةٌ أُخرى هي مَرْكَبَةُ كاسِّيني، التي، عندَ وُصولِها عام 2004، ستَدورُ حوْلَ الكوكبِ مُدَّةَ أربعِ سَنواتٍ وتَدْرُسُ أحوالَه بالتَّفصيل، وسَتُسْقِطُ سابِرًا صَغيرًا في جَوِّ تِيْتان، أكبَرِ أقمارِه.



نَظَرًا لِسُرْعةِ تَدْويمِه يَنْبَعِجُ شَكْلُ زُحَلَ إلى وَسَطٍ مُنْتَفِخ. وتوجَدُ فَجْوةٌ بينَ الحَلَقات، تُسَمَّى فاصِلَ كاسِّيني، تَحوي قِطَعًا حلقيَّةً.

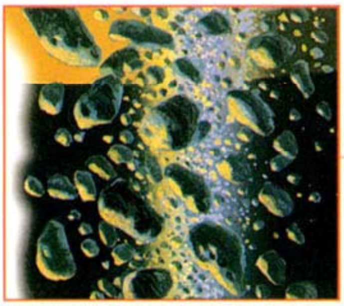
حلَقاتُ زُحَل

العَمالِقةُ الغازيَّةُ الأَرْبعةُ كُلُّها مُحاطَةٌ بِمَنْظوماتٍ حَلْقيَّةٍ، لكِنَّ مَنْظومةَ زُحَل هي الأكثَرُ اتِّساعًا والأَبْهَى رَوْعةً. هذه المَنْظومةُ الفَسيحةُ، لكِنْ الرَّقيقةُ، تَبْدو مُنْقَسِمةً إلى عِدَّةِ حَلَقاتٍ عريضةٍ؛ لكِنَّ كُلًّا منها يتألَّفُ من آلافِ الحُلَيْقاتِ الضَّيِّقةِ المُنْفَصِلة. وكُلُّ حُلَيقةٍ تتألَّفُ من قِطَعٍ صَخريَّةٍ جليديَّةٍ تَتَراوحُ بين بُرْشاتٍ دَقيقةٍ وقِطَعٍ كبيرةٍ الواحدةُ منها بحَجْمِ بَيْت. سُمْكُ المَنْظومةِ لا يتعَدَّى البِضْعةَ أمتارٍ في بعضِ أقسامِها لكِنَّها تمتَدُّ خارجًا إلى قُرابةِ 500 000 كم – وهي مسافةٌ أزيَدُ من بُعْدِ قَمَرِنا عن الأَرض.

حَلَقاتُ زُحَل ليسَتْ قَديمةً قِدَمَه. ويُعْتَقَدُ أنَّ عُمْرَها لا يَتَجاوزُ بِضْعَ مئاتِ مَلايينِ السِّنين وأنَّها بَقايا تَمَزُّقِ قَمَرٍ أو مُذَنَّب. يَميلُ كوكَبُ زُحَل على مِحْورِه أثناءَ دَورانِه حوْلَ الشَّمْس، لذا نُشاهِدُ حَلَقاتِه من زوايا مُختلِفةٍ. فهي تُواجِهُنا بكامِلِ أَوْجُهِها مَرَّتين في كُلِّ دَوْرة، ثُمَّ مَرَّتَيْن بأطرافِ حوافِّها وتَخْتفي عن أنْظارِنا.

أقمارُ زُحَل

توابِعُ زُحَل تبلُغُ 18 قَمَرًا على الأقَلِّ، وربَّما تفوقُ الـ 20. ويُتوَقَّعُ أنَّ كاسِّيني سيَكْتَشِفُ مَزيدًا من الأقمارِ الأَصغر. والمَعْروفُ أن تِيْتان، قَمَرَ زُحَلَ الأكبر، وثاني أكبرِ قَمَرٍ في المَنْظومةِ الشمسيَّة، هو القَمَرُ الوَحيدُ الذي له جَوٌّ – وهذا الجَوُّ يتألَّفُ في غالِبِيَّتِه من النِّتْروجين. أمَّا أصغَرُ هذه الأَقمار فهو پان، الذي يبلُغُ قُطْرُه حوالى 20 كم. وهو أحَدُ بِضْعةِ الأقمارِ التي تَدورُ حوْلَ زُحَلَ داخِلَ المَنْظومةِ الحَلْقيَّةِ الخارجيَّة.



تَتألَّفُ حَلَقاتُ زُحَل من بلايينِ الجُسَيْماتِ السائرة في مدارٍ حوْلَ الكوكَب، والتي يَتراوحُ حَجْمُها بين حُبَيْباتٍ صَخريَّةٍ دقيقةٍ مُغلَّفةٍ بالجَليد وبين صُخورٍ جَليديَّةٍ كبيرةٍ بِحَجْمِ المَباني. وتَتواجَدُ الشُّدَفُ الأكبَرُ في الحَلَقاتِ الداخليَّةِ فيما تَتواجَدُ الجُسَيْماتُ الدَّقيقةُ في الحَلَقاتِ الخارجيَّة. وقد تكونُ هذه الحَلَقاتُ بقايا قَمَرٍ صَغيرٍ قُطْرُه حوالى 100 كم.



يتألَّفُ زُحَل في مُعْظَمِه من الهِدْروجين الغازيِّ بَعيدًا عن سَطْحِه، والمُتحَوِّلِ سائلًا على مَقْرُبَةٍ من هذا السَّطْح. أمَّا قُرْبَ قَلْبِه الحديديِّ فيَغدو الهِدْروجينُ السَّائلُ فِلِزِّيَّ الشَّكْل.



سيُجْري السَّابِرُ هيچِنْز تجارِبَ على جَوِّ تِيْتان النِّتْروجينيِّ الكثيف أثناءَ هبُوطِه. ولا أحدَ يَعْلَمُ نَوعيَّةَ السَّطْحِ الذي سيُلاقيه تحتَه.

◄ السَّابِرُ الصَّغيرُ هيچِنْز، الذي يَحْمِلُه السَّابِرُ الفَضائيُّ كاسِّيني إلى زُحَلَ سيَسْتَخْدِمُ مِظَلَّةً (باراشوتيَّة) في هبُوطِه الوَئيدِ على سَطْحِ تِيْتان.

أنْظُر أيضًا

الهِدْروجين ص 179
المَنْظومةُ الشمسيَّةُ ص 398 – 399
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419

أُورانُوس

أُورانُوس هو الكوكَبُ السَّابعُ من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس؛ وبالكادِ تُمكِنُ رؤيتُه بالعَيْن المُجَرَّدة. وهو عِمْلاقٌ غازيٌّ ذو مَنْظومةٍ حَلَقيَّةٍ وأُسْرةٍ كبيرةٍ من الأقمار.



السَّماءُ فوقَ أورانُوس سَوداءُ؛ وتَبْدو الشَّمْسُ فقط كنَجْمٍ ساطعٍ بعيد. وتُحيطُ باورانُوس مَنْظومةٌ من الحَلَقاتِ الرَّقيقة يتألَّفُ كُلٌّ منها من شقَفٍ حَجَريَّةٍ كبيرةٍ قاتِمة.

أُورانُوس هو ثالثُ أكبر الكواكبِ في المَنْظومةِ الشمسيَّة. وهو أكبَرُ من الأرض بأربعِ مرَّات؛ لكنْ لِبُعده السَّحيق تَتَعَذَّرُ رؤيتُه بوُضوح. أُورانُوس أبْعدُ عن الشَّمْس من الأرض بِـ 19 ضعفًا. لذا فهو يتلَقَّى كمِّيَّةً ضئيلةً من الحرارةِ والضَّوء. وهو مكانٌ مُظْلمٌ وبارِدٌ، تبلُغُ درجةُ الحرارة في أعالي قِمَمِه الغيميَّةِ حوالى – 200°س. وتَبْقى سماؤه سَوداءَ حتَّى عندما تكونُ الشَّمْسُ في كَبِد سمائه.

يَدورُ أُورانُوس حوْلَ مِحْوره المائل عن الخَطِّ العَموديِّ بزاويةٍ مِقْدارُها 98° في حوالى 17 ساعة. ويَدورُ حوْلَ الشَّمْس مائلًا على جانبه بحيثُ يَبْدو كأنَّه يتدَحْرجُ على امتِدادِ مَداره وقُطبُه الشماليّ مُشيرًا قليلًا إلى الجنوب في 30,7 يومًا؛ وتدورُ حَلَقاتُه وأقمارُه حوْلَ وَسَطِه.

اِكْتِشافُ أُورانُوس

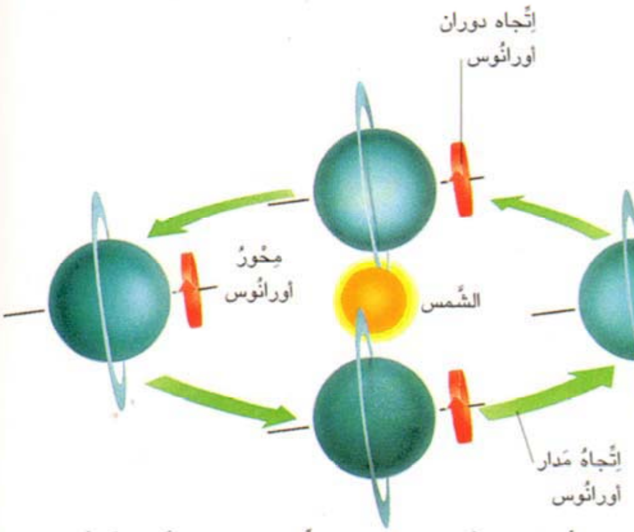
مَوقِعُ أورانُوس النَّائي في المَنْظومةِ الشَّمْسيَّة جَعَله مَجْهولًا في الأزمنةِ السَّالِفة. فهو لم يُكْتشَفْ إلَّا عام 1871 عندما رَصَدهُ بتلِسْكوبِه الفلكيُّ البريطانيُّ الألمانيُّ المَوْلد وِلْيَم هِرشِل (1738 – 1882). ومنذُئذٍ، راحَتِ التلِسْكوباتُ تَتَقَصَّى هذا الكوكبَ النائي، لكِنَّ حتّى أقواها لم يُحَقِّقْ إلَّا القليل. فلم تتَسَنَّ لنا رؤيةُ أورانُوس جَيِّدًا إلَّا عام 1986، عندما دارَ حولَه السَّابِرُ الفَضَائيُّ ڤُوياجير «2» الذي التقَط للكوكبِ وحَلَقاتِه وأقمارِه صُورًا بدَّلَتْ مَعارِفَنا عن المَنْظومةِ الأُورانُوسيَّة.



سَطْحُ أورانُوس عديمُ المَعالِم تقريبًا. وهو يتألَّفُ أساسًا من الهِدْروجين والهِلْيوم. ويُكسِبُ الكوكبَ لونَه الأخْضرَ المُزْرَقَ غازٌ آخَرُ هو الميثان.



الجُزْءُ الجامِدُ الوَحيد من أورانُوس هو القَلْب الذي تُحيطُ به طَبَقةٌ باردةٌ من السائل والجليد، وفوقَها طَبَقةٌ من الغاز.

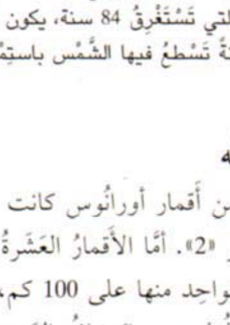


مَيْلُ مِحْورِ أورانُوس الشديد عن الخطِّ العموديِّ يَعْني أنّه خِلالَ الدَّورةِ الكامِلةِ في مَدارِه حوْلَ الشَّمْس، التي تَسْتَغْرِقُ 84 سنة، يكون أحدُ قُطبَيْه في فَتْرةِ صَيْفٍ من 40 سنةً تَسْطعُ فيها الشَّمْس باستِمْرار تليها فَتْرةُ شِتاءٍ من 40 سنةً.

أقمارُ أورانُوس وحَلَقاتُه

الأقمارُ الخَمْسةُ الكُبْرى من أقمار أورانُوس كانت مَعْروفةً قبْلَ أن يبلُغَه ڤوياجير «2». أمَّا الأقمارُ العَشَرةُ الأصغر، التي لا يَزيدُ قُطْرُ الواحِد منها على 100 كم، فقد اكتشَفَها السَّابِرُ الفَضَائيّ. ومنذُئذٍ جرى اكتِشافُ المَزيدِ من هذه الأقمار. ففي بدايةِ عام 2000 بلغَ عددُ هذه الأقمار 18 قَمَرًا ويَجْري رَصْدُ ثلاثةِ أقمارٍ مُحْتَملةٍ أُخرى. وقد أُطلِقَ على مُعظمِ هذه الأقمار أسماءُ شخصيَّاتٍ شيكسبيريَّة، مثلًا تِيْتِنْيا – أكبَرها – وميراندا وأوبِرُون وپَك.

أمَّا مَنْظومةُ أورانُوس الحلقيَّة فتتألَّف من 11 حَلَقةً رئيسيَّة أو أكثَر، وتَبْدو قائمةً (عَموديَّةً) تَقريبًا حوالى الكوكب نتيجةَ لِمَيْله على جانبه. وهذه الحَلَقاتُ الأخفُّ من حَلَقات زُحَل تتألَّف من قِطَعٍ حَجَريَّةٍ يُقارِبُ قُطْرُها المِتْر.



اكتشَفَ وِلْيَم هِرشِل كوكبَ أورانُوس، عام 1781، بواسطة تلِسْكوبٍ صنَعَهُ بنَفْسِه وأقامَه في حديقةِ مَنْزِله في باث، بإنكلترا.

أُنْظُر أيضًا

المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
التلِسْكوباتُ الفَلكيَّة ص 416 – 417
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419



◄ مَنْظَرٌ لأورانُوس، كما تخَيَّلَه فَنَّانٌ، من أصغر أقماره الرئيسيَّة الخَمْسة – القَمَر ميراندا. ويُعتقَدُ أنَّ ميراندا سبَق أن تحطَّم في ما مَضى بِصَدْمةٍ هائلةٍ، ثُمَّ عادَ فتكَوَّن مُجدَّدًا.

نِبْتُون - الكوكَبُ الأَزْرَق

نِبْتُون هو الأَبْعَدُ بين العَمالقةِ الغازيَّةِ الأَربعة. وهو عالَمٌ أَزْرَقُ بارِدٌ عاصِفُ الرِّياح تُحيطُ به مَنْظومةٌ حَلَقيَّةٌ وأُسْرَةٌ من ثمانيةِ أَقمار.



نِبْتُون والشَّمْسُ القَصيَّةُ كما يُشاهدان من سَماءِ ترايْتون. وتُكْسِبُ الكوكبَ قِمَمُه الغَيْميَّةُ مَظْهَرًا أَزْرقَ مُخَطَّطًا. وترايْتون هو أحدُ أقمار نِبْتون؛ وهو عالَمٌ صَخْريٌّ مُتَجَمِّد.



البُقْعَةُ السَّوداءُ العَظيمة (في الوَسَط إلى اليَسار) تَدورُ مَرَّةً كُلَّ 16 يومًا. وهي من الكِبَر بحيثُ يُمكِنُ أن تَحْتَوي الأَرض. وتتألَّف الغُيومُ البَيضاءُ من الميثان الجَليديّ.



▲ قَلْبُ نِبْتُون الجامِدُ مُحاطٌ بدِثارٍ جليديّ من الماء والميثان والأَمونيا تَعلوه طبَقَةٌ غازيّةٌ 80% من مُحتواها هِدْروجين.

هذا العالَمُ الغازيُّ الأزرقُ السَّاطِعُ هو رابعُ أكبر الكواكِب في المَنْظومةِ الشمسيَّة، والكوكَبُ الثامِنُ من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمْس. لكِنْ في حوالَى 20 سنةً من كُلِّ 248 يكونُ نِبْتون الكوكبَ الأَبعدَ حيثُ يكونُ بْلُوتُو، في حضيض مَداره أقربَ منه إلى الشَّمس. من العَسير رُؤيةُ نِبْتون من الأرض؛ وكما هي الحالُ في أورانُوس فإنَّ أَوَّلَ مَنْظرٍ واضِحٍ له كان عامَ 1989 عندما مَرَّ على مَقْرُبةٍ منه السَّابِرُ الفَضَائيُّ ڤوياجير «2» بعْدَ رِحْلتِه الناجِحَةِ إلى أورانُوس عام 1986.

مَظْهَرُ نِبْتُون

جَوُّ نِبْتون يتألَّف أساسًا من الهِدْروجين والهِلْيوم. وكما أورانُوس، يَحْوي أيضًا الميثان الذي يُكْسِبُ الكوكبَ لَوْنَه الأَزْرقَ المُتألِّق. ونِبْتون أشَدُّ زُرْقَةً من أورانُوس لأنَّ كمِّيَّةَ الميثان أكثَرُ في قِمَمِه الغَيْميَّةِ وتَظْهرُ على سَطْحِ نِبْتُون مَعالِمُ بيضاء وسَوداء مُتَحوِّلة. فالبُقْعَةُ السَّوداءُ العَظيمةُ التي اكتشَفَها ڤُوياجير «2» لم يكنْ لها وُجود عامَ 1994 عندما تَقَصَّى الكوكبَ تِلِسْكوبُ هِبِل الفَضائيّ. والواقِعُ أنَّ هذه البُقَع السَّوداءَ والغُيومَ البَيضاءَ تَسُوقُها عَواصِفُ عاتِيَةٌ حوْلَ نِبْتون. يُدَوِّمُ نِبْتون في اتِّجاهٍ بَنْيٍّ (ضِدَّ اتِّجاه عقارِب السَّاعة) - عندما يُنْظَرُ من الشَّمال - لكِنَّ الرِّياحَ تَهُبُّ في الاتِّجاهِ المُعاكِس، من الشَّرْق إلى الغَرْب، بِسُرْعاتٍ تبلُغُ 2200 كم/سا - وهي الأَشَدُّ في المَنْظومةِ الشمسيَّة.

اكتِشافُ نِبْتُون

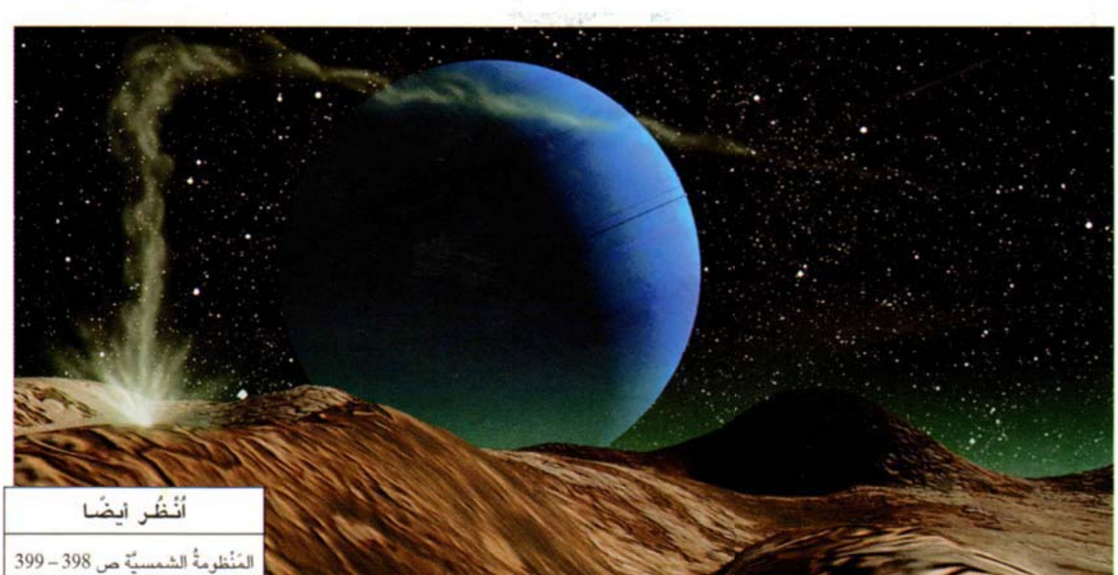
لم يكُنْ نِبْتُون مَعْروفًا لدى الفَلكيِّين القُدَماء؛ فهو لا يُرى بالعَيْن المُجَرَّدة. وقد اكتُشِفَ بعدَ أن رصدَ الفَلكيّون كوكبَ أورانُوس ولاحظوا أنَّ مَسارَه يتأثَّرُ بجاذبيَّةِ جِرْمٍ مَجْهول. وفي عام 1845، احتَسَبَ جُون كَوْش آدَمْز (1819 - 1892) في إنكلترا، وأُورْبان لوڤِرْيير في فرَنْسا مَوقِعَ الكوكب المَجْهول الذي كانت جاذبيَّتُه تُؤثِّرُ في مَسارِ أورانُوس. وفي العام 1846، اكتُشِفَ نِبْتون في المَوقِع المُتَنَبَّأ به؛ وكان اكتِشافُه على يَدِ الفَلكيِّ الألمانيِّ جُوهان چالي (1812 - 1910).

أَقمارُ نِبْتُون وحَلَقاتُه

ترايْتون - أكبَرُ أقمار نِبْتون - اكتُشِفَ أيضًا عام 1846؛ وفي العام 1949 اكتُشِفَ نِريد - القَمَرُ الثاني. واكتَشَفَ ڤوياجير «2» أَقمارًا سِتَّةً أُخرى عام 1989. ترايْتون جِرْمٌ صَخْريٌّ أكبَرُ من بْلُوتُو؛ وهو يَدورُ في اتِّجاهٍ مُعاكِسٍ لِدَورانِ الأَقمار الأُخرى. ولعَلَّه لم يَبْدأ حياتَه كقَمَرٍ، بَلْ أَسَرَتْه جاذبيَّةُ نِبْتون. وقد اكتَشَفَ ڤوياجير «2» أيضًا أربعَ حَلَقاتٍ ضَيِّقةٍ باهِتَةٍ حوْلَ نِبْتون.



◄ أُوربان لُوڤِرْيير (1811 - 1877)، فَلَكيٌّ فرَنْسيٌّ، احتسَبَ مَوقِعَ كوكَبٍ مَجْهولٍ كان يُؤثِّرُ في دَورانِ أورانُوس في مَدارِه. وأرسَلَ نتائجَه وتَوقُّعاتِه إلى جُوهان چالي مُدير مَرصد أُورانيا في برلين الذي اكتشَفَ كوكبَ نِبْتون عامَ 1846.



◄ يَبْدو نِبْتون ضَخْمًا جِدًّا في سَماءِ ترايْتون. وسطحُ هذا القَمَر يتألَّف من النِّتْروجين والميثان المُتَجَمِّدَيْن في دَرجةِ - 235°س؛ وهو السَّطْحُ الأَبْرَدُ في المَنْظومةِ الشمسيَّة.

أُنْظُر أيضًا

المَنْظومةُ الشمسيّة ص 398 - 399

التلِسْكوباتُ الفَلَكيَّة ص 416 - 417

پْلُوتُو والكُوَيْكبات

پْلُوتو أَصْغَرُ الكواكبِ وأبرَدُها وأبْعَدُها. ونَحْنُ لا نعرِفُ عنه إلّا القليلَ؛ لكِنْ ما نَعْرِفُه يُشيرُ إلى أنَّ پْلُوتو هو عُضْوٌ أصغَرُ في المَنْظومةِ الشمسيَّة.



شارون والشَّمْسُ كما يُشاهدان في سَماءِ پْلُوتو. پْلُوتو بَعيدٌ جِدًّا عن الشَّمْس مِمّا يجعلُه عالمًا مُظلِمًا وبارِدًا جدًّا. وتَبْدو الشَّمْسُ ألف مَرَّةٍ أخفتَ مِمّا تُشاهَدُ عليه من الأرض.

پْلُوتُو هو الكوكَبُ التاسِعُ والأَخيرُ في المَنْظومةِ الشمسيَّة. ويَظنُّ بعضُ الفَلكيِّين أنَّه ليسَ كوكبًا، بَل أحدُ الأعضاءِ الأَصْغر في المَنْظومةِ الشمسيَّة. وهنالك عَددٌ ضَخْمٌ من هذه الأعضاءِ التي تؤلِّفُ ثَلاثَ مَجْموعاتٍ رئيسيَّة:

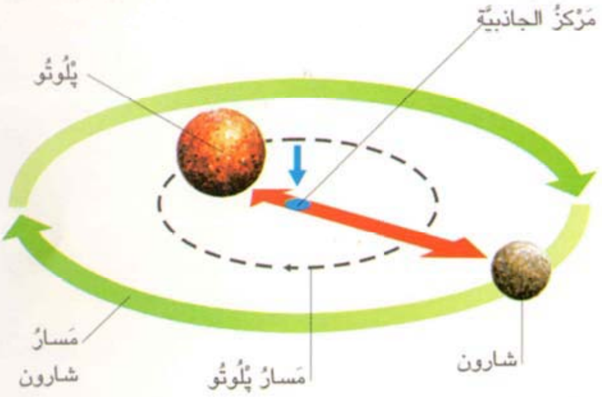
أُولاها الكُوَيْكباتُ، وهي أجرامٌ صَخريَّةٌ في الجُزْءِ الكَوكبيِّ من المَنْظومةِ الشمسيَّة - مُعظَمُها في الحِزامِ الكُوَيْكبيِّ بين كوكبَي المِرِّيخ والمُشْتَري. وثانيتُها أجرامُ حِزام كويْپر، الأبعدُ خارجًا والتي تؤلِّفُ نِطاقًا يمتَدُّ من مَدارِ نِپْتون حتّى المَنْظومةِ الشمسيَّةِ الخارجيَّة. والحافَّةُ الخارجيَّةُ لِجُملةِ الأعضاءِ الأصغر في المَنْظومة الشمسيَّة هي السَّحابةُ الأُورْتيَّةُ الكُرَويَّةُ التي تُشَكِّلُ المجموعةَ الثالثةَ - مَجْموعةَ المُذَنَّبات.

پْلُوتو



پْلُوتو كُرَةٌ صَخريَّةٌ ذاتُ سَطحٍ مُتَجَمِّدٍ من النِّتْروجين والميثان. ويُعْتَقَدُ أنَّه يَحْوي وَهَداتٍ صَدْميَّةً.

پْلُوتو كُرَةٌ صَغيرةٌ من صَخْرٍ جَليديّ يُحتَمَلُ أنَّها أُسِرَتْ في مَدارٍ شِبْه كَوْكبيّ - مُختلفٍ عن مَداراتِ الكواكبِ الأُخرى. فهو أقَلُّ استِدارةً بكثير، ومائلٌ أيضًا 17° بالنِّسبة لِمَدارِ الأرض. وهذا يَعْني أنَّ بُعْدَ پْلُوتو عن الشَّمْس يَتفاوَتُ بين 4,45 بليون كيلومتر وَ 7,38 بليون كيلومتر. وعندما يكونُ پْلُوتو في حَضيضِ مَدارِه، فإنَّه يكونُ أقربَ إلى الشَّمْس من نِپْتون. وهذا يَحْدُثُ مَرَّةً خِلالَ كُلِّ دَورةٍ من دوراتِه حوْلَ الشَّمْس، التي تَسْتَغْرِقُ 248 سنةً - حيثُ يَبْقى لحوالَى 20 سنةً ثاني أبعدَ كوكب حتّى يَبْتَعِدَ ثانيةً إلى ما وراءِ نِپْتون. وبينما يَدورُ پْلُوتو حوْلَ الشَّمْس فإنَّه يُدَوِّمُ حوْلَ مِحْوره مَرَّةً كُلَّ سِتَّةِ أيّام من أيّامِ الأَرض.



شارون قَمرٌ ضَخْمٌ بالمُقارنةِ مع الكوكَبِ الذي يَدورُ حوْلَه، إذ إنّ كُتْلتَه تُقارِب 25%من كُتْلةِ پْلُوتو. وهذا يُؤثِّرُ في كيفيَّةِ تحرُّكِهما. فكِلاهما يَدورُ حوْلَ مَرْكزِ جاذبيَّتِهما المُشْتَرك - كُلٌّ في دائرةِ مَداره.

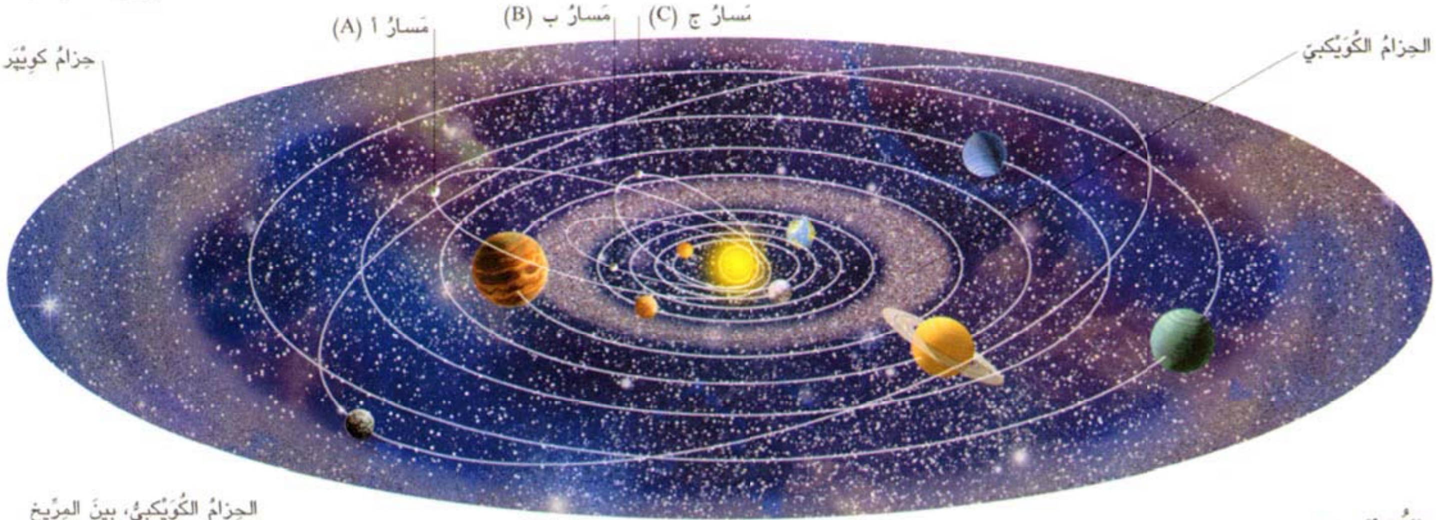
اكتُشِفَ پْلُوتو عام 1930 على يَدِ الفَلكيِّ الأمريكيّ كلايْد تومْبُو (1906 - 1997)؛ واكتُشِفَ قَمرُه شارون الذي يبلغُ نِصفَ حَجمِه تَقريبًا ويتألَّفُ مِثْله من صَخْر وجَليد، عام 1978. وهما يَسْلكان مَسارَيْن يُحيطُ واحدُهما بالآخر ككَوْكبٍ مُزْدَوج. وأثناءَ دَورانِهما يُدَوِّمان مع بَقاءِ الجانِبَيْن نَفْسَيْهما مُتَواجهَيْن.

يَبْدو پْلُوتو،كجِرْمٍ صَخْريٍّ صَغير، نابِيًا بالمُقارنةِ مع الكواكبِ الغازيَّةِ العِملاقةِ الأربعةِ الأقربِ إليه. وهو بسَبَبِ بُعْده النائي جِدًّا عن الأرض لم يتقَصّاهُ أيُّ سابرٍ فَضائيّ بَعْدُ، لكِنَّ السّابرَ المُخَصَّصَ پْلُوتو - كويْپر سيَبْدأُ رِحلتَه إلى پْلُوتو في كانون الأوَّل (ديسَمْبر) عام 2004، ثُمَّ يُتابِعُ طريقَه لِيَتَقَصّى حِزامَ كويْپر وأجرامَه.



لم يتمَكَّنْ احدٌ بَعْدُ من مُشاهدةِ پْلُوتو او شارون بالتَّفْصيل. وهذا الرسْمُ ليسَ سِوى انطباعِ فنّانٍ عَمّا يَعْتَقِده الفَلكيُّون حوْلَ شَكْلَيْهما. هُنا پْلُوتو مُبَيَّنٌ في سَماءِ شارون فوق بَحْرٍ مُتَجَمِّدٍ من الميثان.

پْلُوتو باردٌ دائمًا، فتُقارِبُ درجةُ حرارته - 220°س، لكِنَّه في حَضيضِ مَدارِه، الأَقْرَبِ إلى الشَّمْس، يَسخُن فيَتَحَوَّلُ بعضُ جَليدِه إلى غازٍ مُكَوِّنًا غِلافًا جَوِّيًّا.



الحِزامُ الكُوَيْكبيُّ، بينَ المِرِّيخ والمُشْتَري، يتألَّفُ من بَلايين الكُوَيْكبات. الكُوَيْكبُ الأكبَرُ، سيريز، ذو وَجْهٍ مُنقَّرٍ بالوَهَداتِ الصَّدْميَّة، ويَبْلُغ قُطرُه 932 كم. وتتّبعُ كُوَيْكباتٌ مُنفَردةٌ أُخرى مَساراتٍ (أ وَ ب وَ ج «A, B & C») ضِمنَ المَنْظومة الشمسيَّةِ الدّاخليَّة. اما حِزامُ كويْپَر، المُؤلَّفُ من عشَراتِ آلافِ الأجرامِ الصَّخريَّةِ الجَليديَّة، فيَقَعُ بَعْدَ مَدارِ نِپْتون.

الكُوَيْكبات

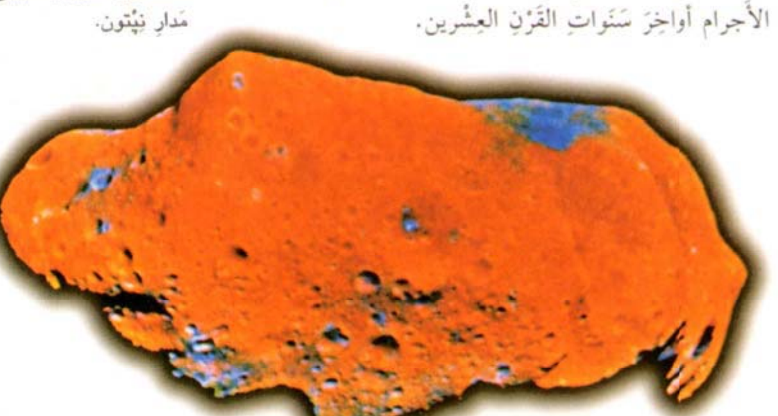
بلايينُ الكُوَيْكباتِ تَدورُ حوْلَ الشَّمْس؛ وأكثرُ من 90 بالمئة منها تُؤلِّفُ الحِزامَ الكُوَيْكبيَّ (الرئيسيَّ) – وهو حَلَقةٌ كعكيَّةُ الشَّكْل بين المِرِّيخ والمُشْتَري. وهي تُسَمَّى الكُوَيْكبات لأنَّ كُلًّا منها هو جِرْمٌ حَجَريٌّ يَدورُ حوْلَ الشَّمْس. ويَعتقِدُ الفَلكيُّون أنَّها بَقايا كوكَبٍ لمْ يتكوَّنْ في حَداثةِ المَنْظومةِ الشمسيَّة، منذُ 4,6 بليون سَنة.

أوَّلُ ما اكتُشِفَ من الكُوَيْكبات كان أكبرَها – الكوكبَ سِيريز عام 1801؛ وهو كُرويُّ الشَّكْل يبلُغُ قُطرُه حوالى 932 كم. ومُعظَمُ الكُوَيْكباتِ أصغَرُ بكثير. فحوالى البليون منها يَزيدُ قُطرُ الواحد منها على الكيلومتر؛ لكنَّ الكَثرةَ العُظمى لا يَزيدُ قُطر الواحد منها على بِضعة أمتار. تتألَّفُ الكُوَيْكباتُ من صُخورٍ أو فِلِزّاتٍ أو من ائتلافٍ منها.

لقد جَرى اكتِشافُ أكثرَ من عَشَرة آلافِ كُوَيْكبٍ وتمَّتْ تَسميَتُها وحُدِّدَتْ مَداراتُها. ولم تَتوَفَّرْ لنا مُشاهَدتُها عن قُرْبٍ إلّا بواسطةِ سابِرَيْن فَضائيَّيْن. وأوَّلُ ما شُوهِد كان الكُوَيْكبَ جاسْپْرا بواسطةِ السّابِرِ الفَضائيِّ غاليليو في تشرين الأوَّل (أكتوبر) عام 1991. ثُمَّ أرانا السّابِرُ الفَضائيُّ نِيَرْ كُوَيْكبَ ماتيلْدا عام 1997، وإيرُوس عامَ 1998.

حِزامُ كويْپَر

حِزامُ كويْپَر يَحْمِلُ اسْمَ الفَلكيِّ الأمريكيِّ، الهولَنْديِّ المَولد، جيرارْد كويْپَر (1905 - 1973). وهو حَلَقةٌ من الأجرامِ الشَّبيهةِ بالمُذَنَّبات التي يُعتقَدُ أنَّها مُؤلَّفةٌ من جَليدٍ وثَلْجٍ وصُخورٍ وغُبار. ويُقَدَّرُ أن ما لا يقِلّ عن 000 70 جِرْمٍ منها يَزيدُ قُطْرُ واحدِها على 100 كم. وهي نائيةٌ جِدًّا بحيثُ يُمكِنُنا حاليًّا رؤيةُ أقْربِها فقَطْ. وقد اكتُشِفَتْ أُولى هذه الأجرام أواخِرَ سَنَواتِ القَرْنِ العِشْرين.



▲ يَبْلُغُ طولُ كُوَيْكبِ إيدا، الذي صوَّرَه السّابِرُ الفَضائيُّ غاليليو، حوالى 52 كم. وتُغطّي سَطْحَه وِهادٌ نتجَتْ عن اصطدام كُوَيْكباتٍ أُخرى به. ويدورُ، كقَمَرٍ حوْلَه، الكُوَيْكبُ دَاكتيل – وهو كُوَيْكبٌ صَغيرٌ جدًّا يُعتقَدُ أنّه انفصَلَ عن إيدا.



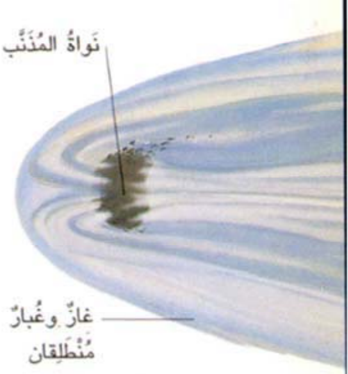
▼ هذا الإنطِباعُ لأحدِ الفنّانين يُبيِّنُ النِّطاقَ الكُوَيْكبيَّ الذي يُغطّي حَجْمًا ضَخْمًا من الفَضاء. فهو يَمْتَدُّ حوالَى 344 مليون كم من حافَّتِه الداخليَّةِ إلى حافَّتِه الخارجيَّة.

أُنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 394 – 395
المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
إستِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419

المُذَنَّبات

المُذَنَّباتُ كُرَاتٌ ثَلْجِيَّةٌ مُتَّسِخَة. ويتواجَدُ عَددٌ ضَخْمٌ منها تمامًا على حافَّةِ المَنْظومةِ الشمسيَّة. وعندما يَمُرُّ أحدُها قريبًا من الشَّمْس فإنَّه يُكَوِّنُ رأسًا عِمْلاقًا وذَنَبًا أو أكثَر.



تَحْمُو نَواةُ المُذَنَّب عندَ اقترابِها من الشَّمْس؛ ويُكَوِّنُ الغازُ والغُبارُ المُنْطَلِقان ذُؤابةً، يَبْلُغُ قُطْرُها عِدَّةَ أضعاف قُطْرِ الأرض، وذَنَبًا أو أكثر قد يبلُغُ طولُ الواحِد منها 100 مليون كيلومتر.

يُقَدِّرُ الفَلكيّون أنَّ حوالَى 10 ترِلْيُونات (10^{13}) مُذَنَّبٍ تُكَوِّنُ السَّحابةَ الأُورْتِيَّةَ – وهي السَّحابةُ الكُرَويَّةُ الهائلةُ التي تُحيطُ بِمَنْظومَتِنا الشمسيَّة. هذه السَّحابَةُ هي من الضَّخامةِ بما يَفوقُ التَصوُّر إذ يبلُغُ قُطْرُها 7,6 ترليون (مليون مليون) كيلومتر. ويَسْلكُ كُلُّ مُذَنَّبٍ مَدارَه الخاصّ حوْلَ الشَّمْس. والمُذَنَّباتُ كُلُّها كُرَاتٌ من الثَّلْجِ والغُبارِ الصَّخْريِّ، عُسقوليَّةُ الشَّكْل لا يتعَدّى قُطْرُ واحِدَتِها بِضْعةَ كيلومترات.

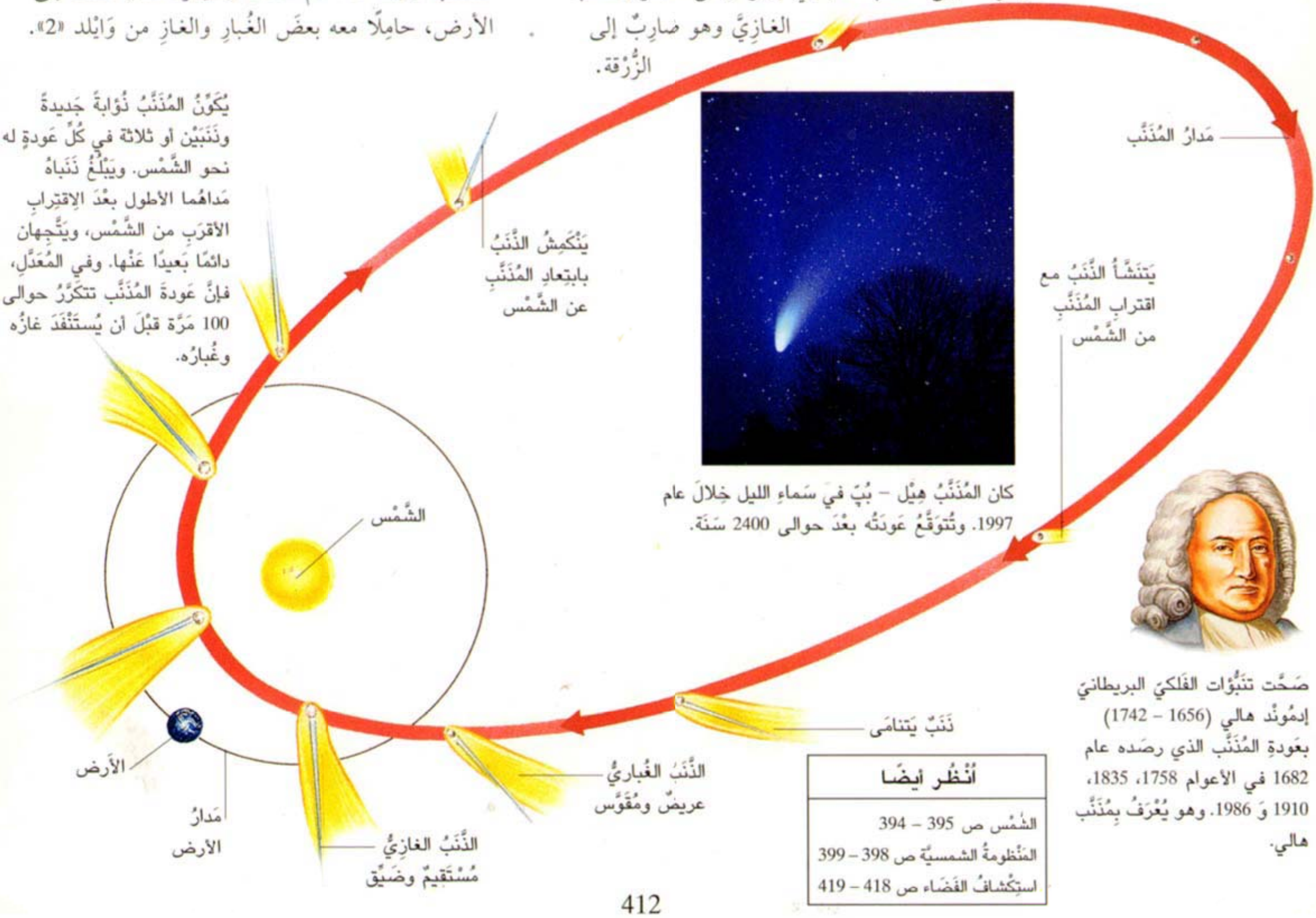
رأسٌ وأذْناب

من حينٍ لآخَر يَتْرِكُ مُذَنَّبٌ السَّحابةَ الأُورْتِيَّةَ وينْطلِقُ إلى داخلِ المَنْظومةِ الشمسيَّةِ الداخليَّة نَحْوَ الشَّمْس. وعلى مَقْربةٍ من الشَّمْس يَزْدادُ المُذَنَّبُ حَجْمًا وسُطوعًا بِفِعْل حرارة الشَّمْس التي تُحَوِّلُ الثَّلْجَ على سَطْحِ نَواةِ الكُرَة الثلجيَّة إلى غازٍ، ويَنْطَلِقُ بعضُ الغُبار. الغازُ والغُبارُ يُكَوِّنان رأسًا ساطِعًا حوْلَ النَّواةِ يُسَمّى ذُؤابةً. ويُدْفَعُ مَزيدٌ من الغازِ والغُبار بَعيدًا فيُكَوِّنا ذَنَبَيْن: الذَّنَبُ الغُباريَّ وهو أبيضُ مُصْفَرٌّ والذَّنَبُ الغازيُّ وهو ضارِبٌ إلى الزُّرْقة.

المُذَنَّباتُ الدَّوْرِيَّة

عندَ اقتِراب مُذَنَّبٍ من الشَّمْس برأسٍ وذَنَب، يُمكِنُ مُشاهدَتُه في سَماءِ الأرض. بعضُ المُذَنَّباتِ يَعودُ بِشَكْلٍ مُنْتَظِمٍ إلى سَمائنا؛ وتُسَمَّى الفَتْرةُ الزَّمنيَّةُ بين عَودتَيْن مُتَتاليتَيْن دَورةَ المُذَنَّب. ودَورةُ مُذَنَّب إنْكا هي الدَّورةُ الأَقْصرُ إذْ تبلُغُ 3,3 سَنَواتٍ فقَطْ. أمَّا مُذَنَّبُ هالي، فيَعُودُ كُلَّ حوالَى 76 سَنَةً. وهذان مُذَنَّبان فقَطْ من حوالى 135 مُذَنَّبًا تَقِلُّ مُدَدُ دَوْراتِها عن 200 سنة – وتُعْرَفُ بالمُذَنَّباتِ القَصيرة الدَّورة. والمُذَنَّباتُ الأُخرى التي تَبْلُغُ دَوراتُها آلافَ السِّنين تُعْرَفُ بالمُذَنَّباتِ الطويلة الدَّورة.

عَودةُ مُذَنَّبِ هالي المُنْتَظِمة أتاحَتْ مُشاهدتَه لآلافِ الأشخاص عَبْرَ التاريخ. وأثناءَ عَودتِه الأخيرة عامَ 1986، أُرسِلَتْ إليه عدَّةُ سوابرَ فضائيَّةٍ كان أنْجحَها السَّابرُ جيُوتّو الذي مَرَّ عَبْرَ ذُؤابَتِه فمَكَّنَ الناسَ من مُشاهَدةِ نَواةِ مُذَنَّبٍ للمَرَّةِ الأُولى. وسَيزورُ سابرٌ آخَرُ – اسمُه سْتارْ دَسْت – المُذَنَّبَ وَايْلد «2» عام 2004. وسيَعودُ ستارْ دَسْت إلى الأرض، حامِلًا معه بعضَ الغُبارِ والغازِ من وَايْلد «2».



كان المُذَنَّبُ هِيْل – بُبّ فيَ سَماءِ الليل خِلالَ عام 1997. وتُتَوَقَّعُ عَودَتُه بعْدَ حوالى 2400 سَنَة.

صَحَّت تنَبُّؤات الفَلكيّ البريطانيّ إدمُونْد هالي (1656 – 1742) بعَودةِ المُذَنَّب الذي رصَده عام 1682 في الأعوام 1758، 1835، 1910 وَ 1986. وهو يُعْرَفُ بِمُذَنَّب هالي.

أنْظُر أيضًا

الشَّمْس ص 395 – 394
المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 – 419

النَّيازِكُ والرُّجُم

تَحْترِقُ قِطعٌ دَقيقةٌ من الصُّخورِ الفَضائيَّةِ للمَنْظومةِ الشمسيَّة في جَوِّ الأرض فتكوِّنُ الشُّهُبَ النَّيْزكيَّة. أمَّا القِطَعُ الأكبَرُ التي تَهْبِطُ على سَطْحِ الأرض فتُسَمَّى رُجُمًا.



هذا الرَّجْمُ من الحَديد والنيكل اكتُشِفَ في كاليفورنيا عامَ 1976، وهو ثاني أكبَرِ الرُّجُم التي اكتشِفت في أمريكا؛ ويُلَقَّبُ بِـ«المرأة العَجوز».

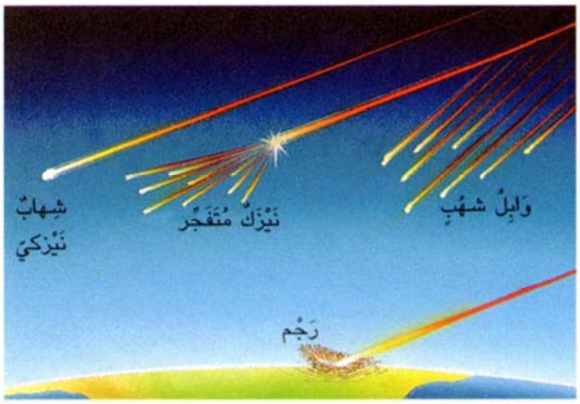
تَتواجَدُ قِطعٌ من الصُّخور الفَضائيَّة والغُبار، تُسَمَّى رُجُمًا ونيازِكَ عَبْرَ كافَّةِ أرجاءِ المَنْظومةِ الشمسيَّة. وتَصْطدِمُ الأرضُ في مَدارِها عَبْرَ الفَضَاءِ بالعديدِ من هذه القِطَع. ويَدْخُلُ جَوَّ الأرض سَنَويًّا ما تفوقُ زِنَتُه 200 000 طُنٍّ من هذه الصُّخور. مُعْظمُ هذه القِطَع دَقيقٌ يَحْترِقُ في جَوِّ الأرض شُهُبًا نَيْزكيَّةً، أمّا القِطَعُ الأكبَرُ فتَبْقى وتَسْقُطُ على سَطْحِ الأرض رُجُمًا.

النَّيازِكُ والوابلات النَّيْزكيَّة

تنطلِقُ أسرابٌ من الشَّقَفِ الغُباريَّةِ الدقيقةِ التي لا يَتجاوَزُ حَجْمُها حَجْمَ حَبَّةِ الرَّمْل، عَبْرَ الجَوِّ نحو الأرض بِسُرْعاتٍ تَفوقُ سُرْعَةَ الطَّلْقةِ الناريَّة – فيَحمو الغُبارُ ويَحترِقُ بَعْضُه مُنْتِجًا أرْتالًا ضوئيَّةً تُسَمَّى نيازِكَ أو شُهُبًا نَيْزكيَّة. يَبْلُغُ قُطْرُ النَّيْزكِ حوالَى المِتْر وطولُه 20 كم ويَدُومُ أقَلَّ من ثانية. والناظِرُ من الأرض يُشاهِدُ النَّيْزكَ كحَزٍّ من الضوءِ النَّجْميِّ مُنطلِقًا عَبْرَ السَّماءِ كشِهابٍ ساقِط. ويُمكِنُ تَبَيُّنُ حوالى عَشَرةِ شُهُبٍ نيزكيَّةٍ، في السَّاعة، في سَماءٍ غيرِ مُقمِرةٍ وخَالِيَةٍ من الغُيوم. ويتألَّفُ وابِلُ الشُّهب من نيازِكَ مُتَآصِرةٍ تَرِدُ من المِنْطقةِ السَّماويَّةِ نَفْسِها، في الوَقْتِ نَفْسِه سَنَويًّا. وتَتسَبَّبُ الوابلات النَّيْزكيَّةُ من عُبورِ الأرضِ سَيْلًا من النَّيازِكِ المُتكَوِّنةِ من غُبارٍ اطَّرَحَتْهُ المُذَنَّبات.



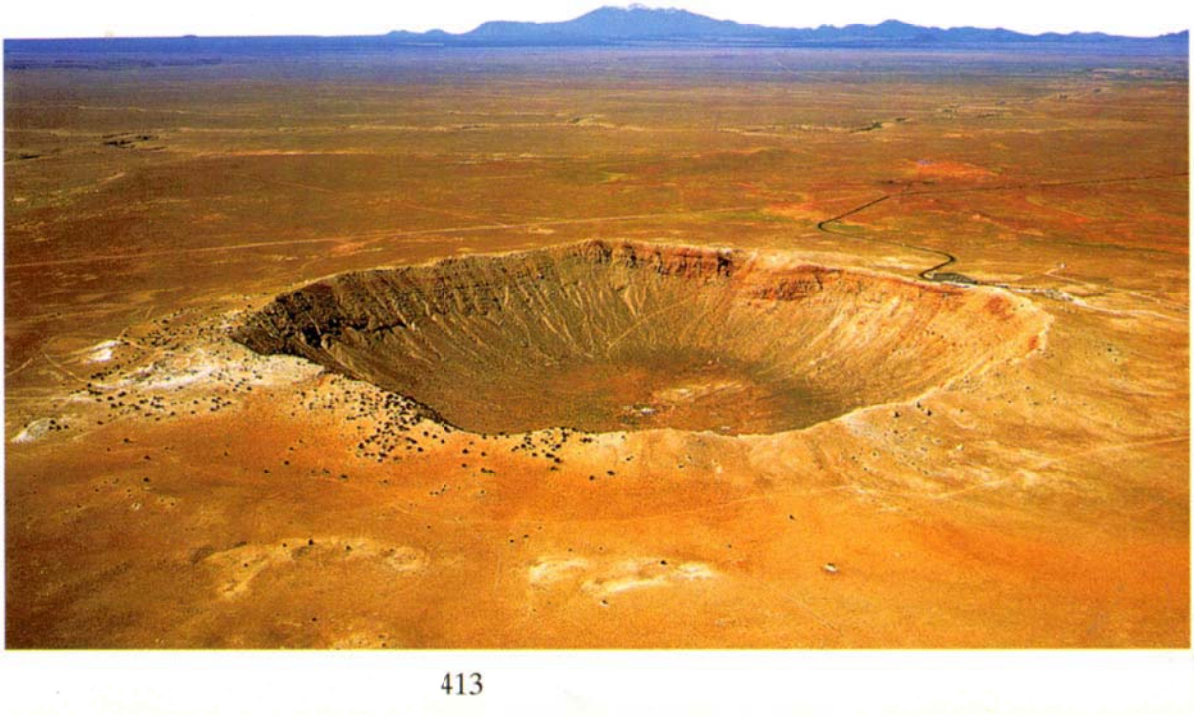
الشِّهابُ النيزكيُّ رَتَلٌ من الضوءِ تُنْتِجُه قِطْعةٌ صغيرةٌ من الغُبارِ الفَضائيِّ تَحْترِقُ في جَوِّ الأرض.



تَتواجَدُ النَّيازِكُ على ارتفاع 80 إلى 120 كم فوقَ سَطْحِ الأرض. وتَبْدو في الوَابِلِ النَّيْزكيِّ كأنَّها تَنْطَلِقُ من النُّقْطةِ السَّماويَّةِ نَفْسِها. وقد يَكوِّنُ الصَّخْرُ الفَضَائيُّ الذي يَبْلُغُ السَّطْحَ، كرَجْمٍ، وَهْدَةً أرضيَّةً صَدْميَّة.

الرُّجُمُ والوِهاد

الصُّخورُ الفَضائيَّةُ الكبيرةُ التي لا تحترِقُ في جَوِّ الأرض، بَل تَرْتطِمُ بِسَطْحِها تُسَمَّى رُجُمًا. وهي تَبْدأُ حياتَها كجُزْءٍ من مُذَنَّبٍ أو كُوَيْكب. ويَسقُط منها على الأرض سَنَويًّا أكثَرُ من 3000 رَجْمٍ يَزِنُ الواحدُ منها قُرابةَ كيلوغرامٍ أو أكثر. يتألَّفُ مُعْظمُ هذه الرُّجُم من الصُّخور، وبَعْضُها من الحَديد والبَعْضُ الآخَرُ من مَزيجٍ من كِلَيهما. عندَ اصطِدامِ الرُّجُم الكبيرة بسَطْحِ الأرض تُحْدِثُ وهادًا رَجْميَّةً، يَتراوحُ قُطْرُها بين بضعةِ أمتار وَ140 كم؛ وقد تَكَوَّنَ مُعْظَمُها منذُ أكثَرَ من 50 مليون سنة. الوَهْدةُ الرَّجْميَّةُ، تشِكْسُولَب، التي هي حاليًّا تحتَ خَليجِ المكسيك، تكَوَّنَتْ باصطدامِ صَخْرٍ ضَخْمٍ بالأرض مُنْذُ 65 مليون سَنَة.



الوَهْدةُ الرَّجْميَّةُ، بارينْجَر، في أريزونا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة، تكَوّنت منذُ حوالى 52 000 سَنة عندما رطَمَ رَجْمٌ ضَخْمٌ سطحَ الأرض. هذا الرَّجْمُ الحديديّ، الذي يُعتقَدُ بأنَّ قُطْرَه لم يزِدْ على 30 مترًا نَسَفَ الموادَّ السَّطْحيَّةَ بَعيدًا عندَ الصَّدْمة مُحدِثًا وَهْدَةً قُطْرُها 1,2 كم.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوّي للأرض) ص 10 – 11
المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401

دِراسَةُ الكَوْن

بَدأ الفَلكيُّون دِراسةَ الكَوْنِ مُنْذُ آلافِ السِّنين. ومع الاِسْتِعانةِ بالتِّقانيَّاتِ الحَديثةِ يُمكِنُهم الآنَ تعَرُّفُ الكثير عن ماضيه والتَّنبُّؤُ بِمُسْتَقْبلِه.



الفَلكيُّون الهُواةُ يَسْتَخْدِمون تلِسْكوباتٍ (مَقاريبَ) صغيرةً لِدراسَةِ الكَوْن. ويُمكِنُهم بها مُشاهدةُ تفاصيلِ بعضِ الأجْرامِ المألوفةِ، كالقَمَر، في لَقَطاتٍ عن قُرْب.



نيكولاس كوبِرنيكَس (1473 – 1543) فَلكيٌّ بولونيٌّ نَشَرَ نَظريَّتَه التي مَفادُها أنَّ الشَّمْسَ هي مَرْكَزُ الكَوْن وليسَ الأرض.



الفَلكيُّ الإيطاليُّ غاليليو غاليلي (1564 – 1642) استَخْدَمَ التلِسْكوبَ لتاكيدِ حَقيقةِ أنَّ الأرضَ وكواكِبَ أُخرى تَدورُ حوْلَ الشَّمْس.



العالِمُ الإنكليزيُّ، السِّير إسحٰق نيوتُن (1643 – 1727)، بَنى أوَّلَ تلِسْكوبٍ عاكِسٍ عامَ 1668. وبَيَّنَ أنَّ الجاذبيَّةَ ليسَتْ مَقْصورةً على الأرض بل هي فاعِلةٌ في الكَوْن كُلِّه؛ فهي، مثلًا، تُبْقي القَمَرَ دَوّارًا حوْلَ الأرض.

رَصَدتِ الحَضاراتُ القديمةُ النُّجومَ والكواكِبَ لِلتنَبُّؤِ بِقُدومِ الفُصُول. لكِنَّ الإغريقَ والمِصْريِّينَ القُدَماء كانوا أوَّلَ مَن دَرَسَ هذه الأجرامَ دِراسَةً عِلْميَّةً. وعِلْمُ الفَلَك هو عِلْمٌ يُبْحَثُ فيه عن الأجْرامِ السَّماويَّةِ وأحوالِها.

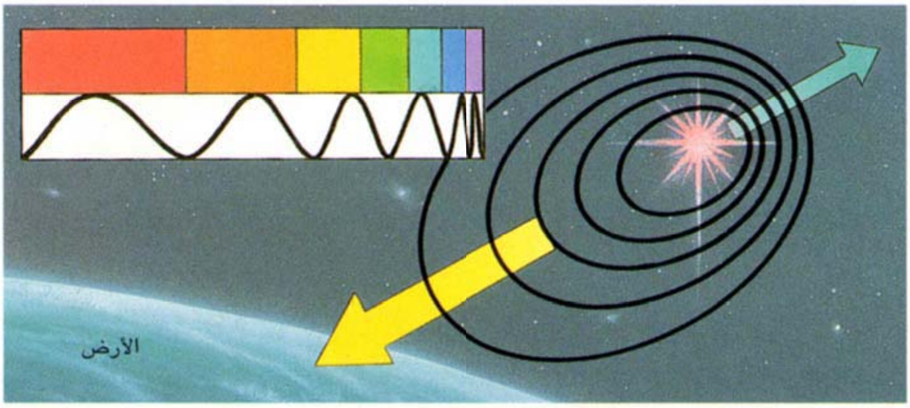
الفَلَكيُّون القُدَماء عُنِيُوا بما ارتأَوه أساسًا لِضَبْطِ أوقاتِهم ومِلاحَتِهم. فنَظموا النُّجومَ كَوْكباتٍ وبُروجًا ورَصَدوا وَجْهَ القَمَرِ المُتغَيِّرَ ومُرورَ الكواكبِ البَطيءِ عَبْرَ السَّماء. كما رَقَبوا طُلوعَ الشَّمْسِ عاليًا أثناءَ النَّهار ومَغيبَها في اللَّيل. وبدا لَهُم أنَّ كوكَبَنا هو مَرْكَزُ الكَوْن، وأنَّ كُلَّ شيءٍ يَدورُ حوْلَ الأرض. وأنَّ مُقَوِّماتِ الكون هي القمَرُ وخَمْسَةُ الكواكب المعروفة حينئذٍ فقَطْ وهي عُطارِدُ والزُّهَرَةُ والمِرِّيخ والمُشْتَري وزُحَل – بالإضافةِ إلى كُرَةِ النُّجومِ المُحيطةِ بها كُلِّها.

وظَلَّ هذا المَفْهومُ لِلكَوْن، المَعروفُ بالنِّظامِ الفَلكيِّ البَطليموسيِّ سائدًا في كُلِّ أوروبا حتّى عام 1543، رُغْم أنَّ بعضَ المُشاهَدات لم تكن تتلاءَمُ مع هذا المَفْهومِ الكونيِّ – الذي عَزَّزَ بقاءَه تَبَنِّي الكنيسةِ لِمَقُولاته. ولم يَتغَيَّرْ كُلُّ ذلك إلَّا بأعمالِ كوبِرْنيكَس وغاليليو ونيوتُن في القَرْنَيْن السادسَ عَشَر والسابعَ عشَر.

عِلْمُ الفَلَك الحَديث

بَدأ عِلْمُ الفَلَكِ الحَديث في القَرْنِ السادِسَ عَشَر عندما ارتأى نيكولاس كوبِرْنيكَس أنَّ الكواكِبَ تدورُ حوْلَ الشَّمْس. وقد جاءَ بُرهانُ نَظَريَّاته على يَدِ غاليليو غاليلي الذي حقَّقَ اكتِشافاتٍ مُهِمَّةً حوْلَ القمَرِ والكواكِبِ خِلالَ عامَي 1609 و 1610، باستِخْدامِ التِّلِسْكوب الذي كان قد اختُرِع حديثًا (أُنظُر ص 270). وفي ثمانينيَّاتِ القَرْن السابعَ عشَر، وَصَفَ إسحٰق نيوتُن كيفَ تُؤثِّرُ الجاذبيَّةُ في سُلوكِ الأجْسامِ في الفَضاء.

وخِلالَ السِّنين التوالي استمَرَّ اهتِمامُ الفَلكيِّين مُنْصَبًّا على



يُمكِنُنا تعَرُّفُ أشياءَ كثيرةٍ عن النُّجومِ والمَجَرَّات، كدَرجةِ الحرارةِ والمُكوِّنات، بِدراسَةِ ضَوئها. كما يُمكِنُنا تعَرُّفُ فيما لو كانَ الجِرْمُ يَبْتَعِدُ عنَّا أو يَقْتَرِب. فطُولُ المَوجةِ الضوئيَّةِ يَتَناسَبُ مُباشرَةً مع لَوْنِها. فالأمواجُ من جِرْمٍ مُبْتَعِدٍ تَتَمَدَّدُ مُتَباعِدَةً بعضُها عن بعض وهي أشَدُّ احمرارًا. فيما الأمواجُ المُقْتَرِبَةُ تَتَضامُّ بعضُها إلى بعض وهي أشَدُّ زُرْقَة.



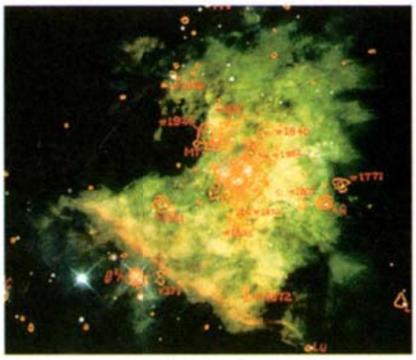
الضَّوءُ هو أحدُ أشكالِ الأمواجِ الطاقيَّةِ المُجَمَّعةِ في الفَضاء. تتجَمَّعُ كُلُّ الأشِعَّة، من الأشِعَّةِ الراديويَّةِ الأطْول إلى أشِعَّةِ غاما الأقْصر؛ لكِنْ لا يَتَسنَّى لِغير الضَّوءِ المَرْئيِّ وجُزْءٍ من الطَّيْفِ الراديويِّ اختراقُ الجَوِّ الواقي عَميقًا إلى جَوِّ الأرض.

مَناظِرُ مُتَباينة لِسَديم الجَبَّار

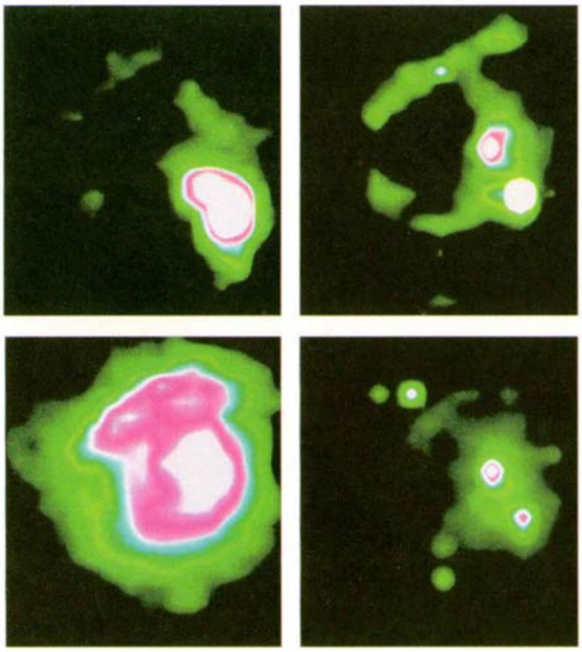
كُلُّ جرمٍ في الكَوْن يَنْبَعِثُ مدًى من الإشعاعات؛ لكِنَّ عُيونَنا تَسْتطيعُ رُؤيَةَ أمواجِ الضوءِ المَرْئيَّة فقطْ. وهذا يَعْني أنَّنا نَرى فقط جُزْءًا من الجِرْم عندما نَنْظُر إليه. فمَثلًا، نحنُ نَسْتطيعُ رُؤيَةَ الضوءِ المُنْبَعِثِ من مَركزِ المَجَرَّة فقط. لكنَّ صورةً بالأشِعَّةِ السِّينيَّةِ تُبيِّنُ أنَّ المَجَرَّةَ تَمْتدُّ إلى مدًى أبعدَ بكثير عن المَرْكز. هذه الصُّوَرُ السِّتُّ هي كُلُّها لِسَديم الجبَّار، لكِنْ بأطوالٍ مَوجيَّةٍ مُخْتلفة. الصُّوَرُ الأربعُ بالأشِعَّةِ دون الحَمراء (إلى اليَسار) تُبيِّنُ دَرجاتِ حرارةٍ مُختلفة. وهي من أعلى اليَمين بِتًّا (ضدّ اتِّجاه عقارب السَّاعة) كما يلي: تَنشَأُ نُجوم جديدة، حمُوُّ الهِدْروجين بالنُّجومِ الوَليدة، سَحابَةٌ بارِدَةٌ من الهِدْروجين، وسُحُبٌ غُباريَّةٌ مُحماةٌ بالنُّجومِ الوَليدة.



صورةٌ ضَوئيَّةٌ لِسَديمِ الجبَّار



صُوَرٌ بالأشِعَّةِ السِّينيَّةِ مُوَحَّدةٌ مع صُورة ضوئيَّة



صُوَرٌ بالأشِعَّةِ دُونَ الحَمراء مُلْتَقطةٌ بأربعةِ أطوالٍ مَوجيَّةٍ مُختلفة

مواقعِ وتحرُّكاتِ الأجرام في سماءِ اللَّيل. وفي الوَقتِ نفسِه كانوا يُحقِّقون اكتِشافاتٍ جديدةً بتلِسْكوباتٍ مُتَزايدةِ القُوَّة. فاكتُشِفَ كوكَبٌ جديدٌ – هو كوكَبُ أورانُوس عامَ 1781؛ واكتُشِفَ أوَّلُ كُوَيْكبٍ عامَ 1801. ورُكِّبَتْ أجهزةٌ جديدةٌ كالكاميرا والمِطْيافِ في التلِسْكوبات؛ بحيثُ استطاعَتِ الكاميرات تَصْويرَ أجرامٍ وتَفاصيلَ لا تَسْتطيعُ العَيْنُ البَشَريَّةُ رُؤيتَها. كما حلَّلَ المِطْيافُ ضَوءَ النُّجُوم لِتَقصِّي تَرْكيبِها.

تغيُّراتٌ في القَرْن العِشْرين

في أواخرِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر وأوائلِ القَرْنِ العِشرين تحَوَّلَ انتِباهُ الفَلَكيِّين إلى طبيعةِ الأجرامِ في الكَوْنِ أكثَرَ منه إلى كيفيَّةِ تحرُّكِها. ومنذئذٍ تضافَرَ عِلْمُ الفَلَك العَمَليّ (تَحْقيق المُراقبة والرَّصْد) مع عِلْم الفَلَك النَّظَريّ (تطوير المَفاهيم باستِخْدام القوانين العِلْميَّة)، فواصَلَ الفَلَكيُّون اكتِشافَ وبَرْهَنَةَ أشياءَ كثيرةٍ أُخرى عن الكَوْن – منها أنَّ هنالك مَجرَّاتٍ كثيرةً وَراءَ مَجرَّتِنا وأنَّ الكَوْنَ يتمَدَّدُ، وكيفيَّةَ تخلُّقِ العناصِر داخِلَ النُّجوم، وكيف بدأ كُلُّ شيءٍ بالانفجارِ العَظيم.

وقد ساعدَهُم في أعمالِهم وبُحوثهم أساليبُ ومُعَدَّاتٌ تقَصٍّ جديدة. فالضَّوءُ شَكْلٌ واحِدٌ فقط من أشكالِ الإشعاعاتِ التي تَبْعَثُها الأجرام. فهي تَبْعَثُ أيضًا الأمواجَ الراديويَّةَ والأمواجَ الصُّغْريَّةَ والأشِعَّةَ دُونَ الحَمْراء وفوقَ البَنفسجيَّة والسِّينيَّة وأشِعَّةَ غاما. ويُمكِنُ تَجْميعُ كُلٍّ من هذه الأشِعَّة بواسطةِ تلِسْكوباتٍ خاصَّة؛ ويُمكِنُ ضَمُّ هذه المَعْلوماتِ لإعطاءِ مَنْظورٍ أكمَلَ عن الكَوْن. وهذه التلِسْكوباتُ المُجَمِّعةُ للإشعاعاتِ المُختلفة يُمكِنُ استِخْدامُها من الأرض أو وَضْعُها في مَدارٍ حوْلَ الأرض أو حملُها على سَوابِرَ فَضائيَّة.



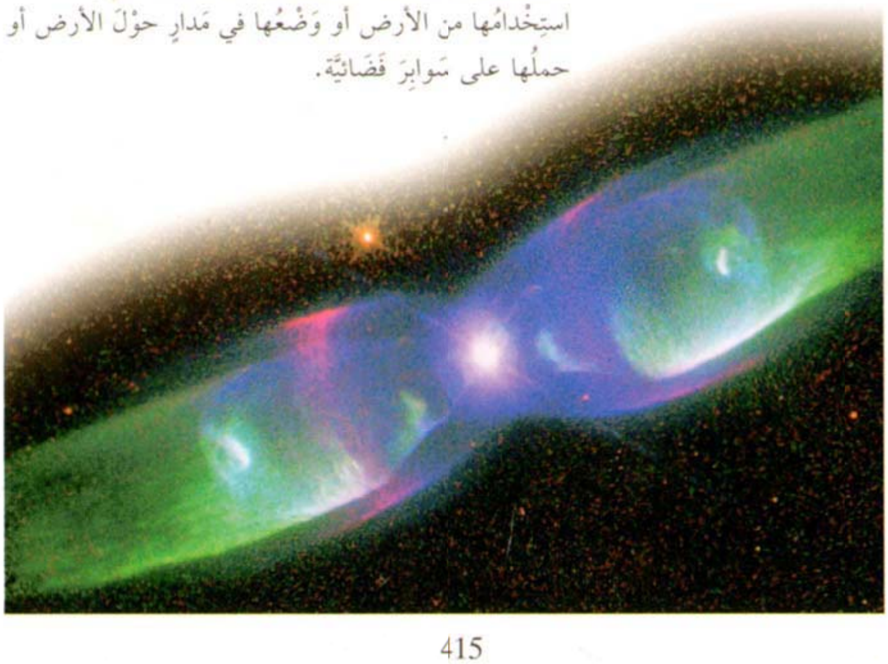
الفَلكيُّ البريطانيُّ فِردُ هويْل (1915 –) بيَّنَ كيف تتخَلَّقُ عناصِرُ، كالكَرْبون والأكسجين، داخِلَ النُّجوم؛ وهو من مُعارضي نَظريَّة الانفِجار العَظيم.



التلِسْكوباتُ الراديويَّةُ كانتِ السبَّاقةَ في تَجْميع أشكالٍ غيْرِ مَرْئيَّةٍ من إشعاعاتِ الأجرام في الكَوْن.



منذُ سَبْعينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، بدأتِ السَّوابِرُ الفَضائيَّةُ، كمارينَر «10»، تُرْسَلُ إلى الفَضاء لِتَقصِّي أجرامٍ ضِمْنَ المَنْظومةِ الشمسيَّة.



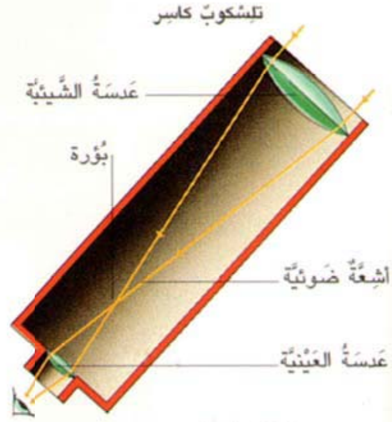
صُورةُ هذا السَّديم الكَوْكبيّ لِنَجْم مُحْتَضَر، التقَطَها تلِسْكوب هَبِل الفَضائيّ، الذي هو أحدُ التلِسْكوباتِ الساتِليَّةِ في مَدارٍ حوْلَ الأرض. وبسبَبِ عَدم وُجودِ جَوٍّ يَحْجُبها عن النَّظَر، فإنَّ هذه التلِسْكوبات تُواجِهُ بِمَنْظرٍ صافٍ لأعماقِ الفَضاء، وتتمكَّنُ من العَمَل على مَدارِ الساعةِ ليلَ نَهار.

أُنْظُر أيضًا

الطَّيْفُ الكَهْرَمِغْنَطيسيّ ص 246 – 246
التِلِسْكوباتُ الفَلكيَّة ص 416 – 417

التِّلِسْكوباتُ الفَلَكيَّة

التلِسْكوباتُ عُدَّةُ الفَلَكيِّين الأكثَرُ أهمِّيَّةً؛ فهي تُوفِّرُ لَهُم المَعْلوماتِ بتَجْميعِ الأَمواجِ الضوئيَّةِ والراديويَّةِ والطاقيَّةِ الأُخرى من الفَضَاء.

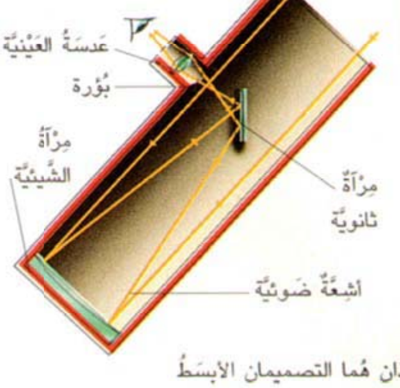


استَخْدَمَ الفَلَكيُّون التِلِسْكوباتِ منذُ أوائلِ القَرْنِ السابعَ عَشَر. وكان الفَلَكيُّ الإيطاليُّ غاليليو غاليلي أحَدَ أوائلِ الفَلَكيِّين الذين استَخْدَموا تِلِسْكوبًا. فقد تمكَّنَ بتِلِسْكوبِه من مُشاهدةِ الوَهَداتِ البُركانيَّةِ على سَطْحِ القَمَر، ورَصْدِ النُّجوم في مَجَرَّةِ دَرْبِ التَّبانة، ودراسَةِ أربعَةٍ من أقمارِ المُشْتَري. وكان التلِسْكوبُ آنذاك اختِراعًا جديدًا يُسْتَخْدَمُ غالِبًا على الأَرْض. وعندما نَشَرَ غاليليو اكتِشافاتِه تشَجَّعَ آخرون على تَوجيه تِلِسْكوباتِهم نحو السَّماءِ لَيْلًا.

كيفَ يَعْمَلُ التلِسْكوب

التلِسْكوباتُ الأُولى استَخدمَتْ عَدَساتٍ لتَجْميعِ الضوءِ من جِسْمٍ ناءٍ، وتَبئيره ليُكوِّنَ صُورةً للجِسْم. وكانت هذه الصُّورُ تُكبَّرُ تاليًا بعَدَسَةٍ أُخرى ليَراها الفَلَكيُّ. فكانتِ النَّتيجةُ أن يُصْبحَ الجِسْمُ الباهِتُ النائي أكبَرَ وأنْصَعَ وأوضَح.

التلِسْكوبُ الذي يَستَخْدِمُ عَدَسةً لتَجْميعِ الضَّوءِ، يُسَمَّى تلِسْكوبًا كاسِرًا. لكنَّ مُعْظَمَ التلِسْكوباتِ اليومَ تَستَخْدِمُ مَرايا، وتُعْرَفُ بالتلِسْكوباتِ العاكِسَة. أوَّلُ تِلِسْكوبٍ عاكِسٍ كان من تَصْميمِ العالِمِ البريطاني إسحٰق نيوتُن عامَ 1668، وظَلَّ النَّمَطانِ يُستَخْدَمان على قَدَمِ المُساواةِ حتَّى القَرْنِ العِشْرين – حيثُ راجَ استِخْدامُ التلِسْكوبِ العاكِس. وفي أواخِرِ القَرْنِ العشرين تطَلَّبَ الفَلَكيُّون تِلِسْكوباتٍ ذاتَ قُدْرةٍ على تَجميعِ الضوءِ تَفوقُ قُدْرةَ المِرآةِ المُفْردة. فصارَ الكثيرُ من أقوى التلِسْكوبات اليومَ يَستَخْدِمُ أكثَرَ من مِرآةٍ لتَجْميعِ الضوء. فالتلِسْكوبان كِكْ I وَ كِكْ II في هاواي، مثلًا، يَستَخْدِمُ الواحِدُ منهما 36 مِرآةً سُداسيَّةَ الجوانب مُتَّصِلةً معًا لتُكوِّنَ مِرآةً كبيرةً قُطْرُها 10 أمتار.



هذان هُما التصميمان الأبسَطُ للتلِسْكوبات البَصَريَّة (المُجَمِّعة للضوء) التي يستَخْدِمُها الفَلَكيُّون. ففي التلِسْكوب الكاسِر، يَدْخلُ الضوءُ فيُكسَر بعَدسةِ الشيئيَّة مُكوِّنًا صورةً في المُستوى البُؤريّ. وهذه الصُّورة تُكبَّر بعَدسةِ العَيْنيَّة. امَّا التلِسْكوبُ العاكِسُ فيَستَخْدِمُ مِرآةَ الشيئيَّةِ الرئيسيَّة، ثُمَّ مِرآةً ثانويَّةً أصغَرَ لتَوجيهِ الضوءِ إلى العَيْنيَّة.



أُنجِز التلِسْكوبُ كِكْ I، أوَّلُ مِقرابٍ يَستَخْدِمُ مِرآةً شُدَفيَّةً عامَ 1992. وهو مُبَيَّتٌ بجانبِ تلِسْكوبٍ مَثيل – كِكْ II، على قِمَّةِ البُركان الخامد، مُونا كِيَا، في هاواي، على علُوِّ 4200 م فوق مُسْتَوى سَطْحِ البَحْر.

استِخْدامُ التلِسْكوب

في تِقْنيَّاتِ الفَلَكِ الحديثة، حَلَّ محَلَّ عَيْنَي الفَلَكيِّ، في عَينيَّةِ التلِسْكوب، كاميراتٌ إلكترونيَّةٌ حسَّاسَةٌ تَستَخْدِمُ نبائطَ مشحونةً مُزْوَجةً. هذه النبائطُ تُكوِّنُ صورةً في مدَى دقائقَ أو ساعاتٍ، وتَلْتَقِطُ مَعْلوماتٍ لا يُمكِنُ للعَيْنِ البَشَريَّةِ رُؤيتُها. ويُمكِنُ أيضًا وَصْلُ أداةٍ ثانية بالتلِسْكوب – هي المِطْيافُ، الذي يَفْلِقُ الضوءَ إلى أطواله المَوجيَّةِ حيث يتَّخِذُ كُلُّ طُولٍ (وبالتالي كُلُّ لونٍ) مكانَه المُمَيَّزَ في الطيف. وبدراسَةِ خُطوطِ الطَّيْفِ المُتواجِدةِ أو الغائبَةِ يَستطيعُ العلَماءُ معرفةَ العناصرِ داخِلَ النَّجْمِ ودَرجةِ حرارته. والحاسوبُ، اليومَ، أداةٌ حيَويَّةٌ لِلعالِمِ الفَلَكيِّ؛ فهو يَستَخْدِمُه لِلتحكُّمِ في التلِسْكوبِ وتَسْجيلِ المَعْلوماتِ التي يُجَمِّعُها، ولِمُساعدتِه في تَحْليلِ تِلكَ المَعْلومات.



◄ تَدْويمُ الأرض يَجْعَل صُورَ النُّجوم المُلْتَقطةَ على صُورةٍ فُوتُوغرافيَّةٍ مُعرَّضةٍ فتْرةً طويلةً للضوءِ تَبْدو في السَّماءِ كأثَرٍ ضوئيٍّ مَجرور. التلِسْكوباتُ، داخِلَ قُبَبِ المراصِد تُثَبَّتُ على حامِلاتٍ تدورُ بحركةٍ مُعاكِسةٍ ومُساويةٍ لحركةِ تَدْويمِ الأرض – بحيثُ تَبْقى ثابتةَ التَّوَجُّه نحو النَّجمِ المُعَيَّنِ أثناءَ تَدْويمِ الأرض.



بعضُ الإشعاعاتِ المُنْبَعثةِ من النُّجوم نقطْ يَبْلُغُ سطحَ الأرض؛ فَمُعظمُها يَحْجبُه جَوُّ الأرض. الضوءُ والأمواجُ الراديويَّةُ القَصيرةُ، كما بعضُ الأشعَّةِ دونَ الحمراءِ تَعْبُر الجَوَّ، ويُمكِنُ تَجْميعُها بواسِطةِ التلِسْكوباتِ على الأرض.



◄ تَجْمَعُ التلِسْكوباتُ الراديويَّةُ الأمواجَ الراديويَّةَ من الفَضَاء في طَبَقٍ ضَخْم. وتُعْكَسُ هذه الأمواجُ نحو مُسْتَقبِلٍ حيثُ تُجَمَّع. ثُمَّ يُمكِنُ مُعالَجتُها بواسِطةِ حاسُوبٍ يُحَوِّلُها إلى صُوَر.

التلِسْكوباتُ على الأَرض

جَوُّ الأرض يَحْجبُ عنّا المَشْهَدَ الأفضلَ للكَوْن. فهو يَجْعَلُ النُّجومَ تُومِضُ ويُغَبِّشُ صُورَ المَجَرَّات. لِذا تُخْتارُ مَواقِعُ التلِسْكوبات على قِمَمِ الجِبالِ حيث الهواءُ صَافٍ ورقيق. وهذه التلِسْكوباتُ هي من القُوَّةِ بحيثُ إنَّ مُعْطَياتِها المُجَمَّعةَ في بِضْعِ لَيالٍ فقَطْ تُشْغِلُ الفَلكيِّين، بِدراستِها وتَحْليلِها، عِدَّةَ شُهورٍ أو سَنَوات.

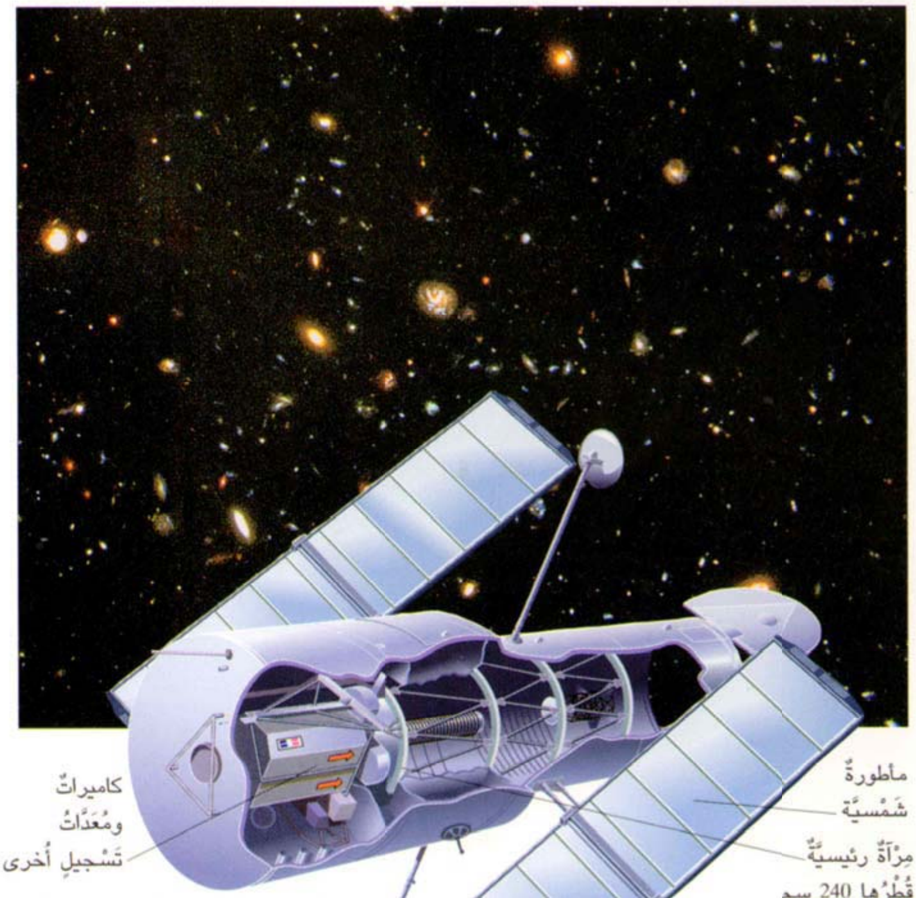
التلِسْكوباتُ الحديثةُ أجهزةٌ ضَخْمةٌ لكِنْ حسَّاسَةٌ، وتحتاجُ إلى وِقايةٍ من العوامِلِ البيئيَّة. وهي تُحْفَظُ داخِلَ قِبابٍ تُفْتَحُ أثناء الرَّصْد لِتكشِفَ سَماءَ اللَّيْلِ فوقَها. والقُبَّةُ دَوَّارةٌ تُتِيحُ توجيهَ المِقْرابِ إلى أيِّ اتِّجاه. ويَشْغَلُ الفَلكيُّون والتِّقنِيُّون الذين يَستَخْدِمون المِقْرابَ غُرفَةَ مُراقَبةٍ مُنْفَصِلة.

التلِسْكوباتُ في الفَضَاء

بعضُ الأَجْسامِ الفَضَائيَّةِ تَستحيلُ مُشاهدَتُها من الأرض؛ لأنَّ جَوَّ الأرضِ يَمْتَصُّ بعضَ أشكالِ الطاقة، كالأشِعَّةِ السِّينيَّة، ويعكِسُ أشكالًا أُخرى رادًّا إيّاها إلى الفَضَاء. والمكانُ الوحيدُ لِتَجْميعِ أمثالِ هذه الأشكالِ من الطاقة هو فوقَ جَوِّ الأرض. وقد بدأَ استِخْدامُ التلِسْكوباتِ في الفَضَاء مُنذُ حوالَى ثلاثين عامًا. وهي تُطْلَقُ إلى الفَضاءِ بواسِطةِ الصواريخ والمَرْكباتِ المكُوكيَّةِ الفَضَائيَّة. ومُنذ أن تَتَّخِذَ مَدارَها حوْلَ الأرض يُمكِنُها البدءُ بتَجْميعِ مَشاهِدَ مُتَتاليَةٍ مُتَواصِلةٍ للكَوْن – تشمَلُ مدًى من الأمواجِ الطاقيَّة، بما فيها أمواجِ الضوء، بالطريقةِ نفْسِها كما التلِسْكوباتُ التقليديَّة. وتُرْسَلُ المُعْطَياتُ المُجَمَّعةُ إلى مَحطَّةِ مُراقبةٍ أرضيَّةٍ حيثُ تُخْتَزَنُ في حاسُوب.

وتَسْتَمِرُّ السواتِلُ وأجهزَتُها في العَمل بِضْعَ سَنَواتٍ ثُمَّ يُستَبْدَلُ بِها أجهزةٌ أحدثُ من سِواها. حاليًّا مثلًا يَعمل مَرْصَدُ شانْدرا للأشِعَّةِ السِّينيَّةِ في تَقصِّي هذه الأشعَّةِ في الكَوْن؛ ولا يزالُ تلِسْكوبُ الأشِعَّةِ فوق البَنَفْسجيَّة، سوهو، يرصُد الشمسَ وما حوالَيها منذُ العام 1995. وبإمكانِ تلِسْكوب هَبِلَ الفَضَائيّ، الذي يَجْمَعُ أمواجًا ضَوئيَّةً، مُشاهَدةُ أجرام أخفَتَ من أن تُرَى بالتلِسْكوباتِ الأرضيَّة.

▼ هذا المَشْهدُ من أعماقِ الفَضَاء، الذي أرسَلَه تلِسْكوبُ هَبِل الفَضَائيّ يتألَّفُ من 342 صورةً مُنْفَصِلةً مُتضامَّة، رَصَد فيه التلِسْكوبُ مِنْطقةً صغيرةً جدًّا من السَّماء، كأنَّكَ نِسْبيًّا تَرْصُد حَبَّةَ رَمْلٍ على بُعْدِ ذِراع. وقد واصَلَ التلِسْكوبُ الرَّصْدَ، لِمُدَّةِ 10 أيّام، ظَلَّ يَجْمَعُ الضوءَ خِلالَها من الفَضاءِ البَعيد. هذا المَشْهدُ يَحْوي 1500 مَجَرَّةٍ لمْ تُرَ من قَبْلُ إطلاقًا.



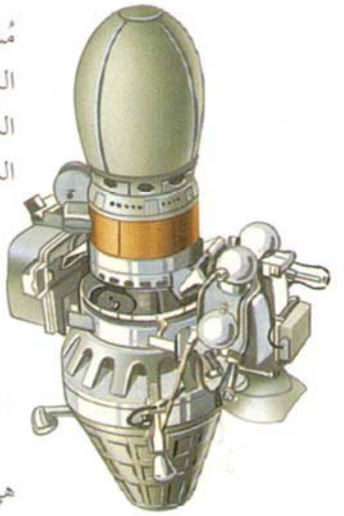
تلِسْكوبُ هِبِلَ الفَضائيّ يَدورُ حوْلَ الأرض على عُلوِّ 500 كم تقريبًا. ويُشَغِّلُه فريقٌ من الفَلكيِّين بواسِطةِ التَّحَكُّمِ البُعاديّ. يُسَجِّلُ مِقْرابُ هَبِل المَشاهِدَ من الفَضاءِ ويُرْسِلُها كإشاراتٍ تلفْزيونيَّةٍ إلى الأرض.

اُنْظُر أيضًا

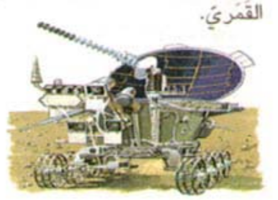
العَدَساتُ والمَرايا المُقَوَّسة ص 267 – 267
دِراسةُ الكَوْن ص 414 – 415

اِستِكْشافُ الفَضَاء

يُرسِلُ الفَلكيُّونَ مَرْكباتٍ فَضَائيَّةً رُوبوتيَّةً لاِستِكْشافِ الفَضَاء. وهذه المَرْكباتُ تُرْسِلُ إلى الأرضِ صُوَرًا ومُعْطَياتٍ مُدهِشةً عن الكواكِبِ والأقْمارِ والكُوَيْكباتِ والمُذَنَّبات.



كانت المَركبةُ الفضائيَّةُ السوڤياتيَّةُ «لونا 9» أوّلَ مركبةٍ فَضَائيَّةٍ تُحَقِّقُ هبُوطًا سَلِسًا (مُتحَكَّمًا به) على عالَمٍ آخر. وهي هبَطَتْ على سَطْحِ القَمَرِ في شباط (فبراير) عام 1966، وأرسلَت الصُّورَ الفُوتُوغرافيَّةَ الأُولى المُلْتَقَطة عن قُرْبٍ للسَّطْحِ القَمَريّ.



مَركبَتا، لُونُوخُود، الرُّوبوتيَّتان السوڤياتيَّتان المُتَماثِلتان استطلَعتا القمَرَ – الأُولى عام 1970، والثانيةُ عام 1973. وكانتا تُسَيَّرانِ بالتَّحَكُّمِ البُعاديّ من الأرض. وقد تمَكَّنتا معًا من قَطْعِ قُرابةِ 48 كم على سَطْحِ القَمَرِ واستِطْلاعِ مَعالِمِه.

مُستكشِفاتُ الفَضَاءِ الرُّوبوتيَّةُ بدأت استِطلاعاتِها في المَنْظومةِ الشمسيَّةِ مُنذُ ما يزيدُ على الثلاثينَ سنةً. حَجْمُ هذه السَّوابِرِ الفَضَائيَّةِ يُقارِبُ حَجْمَ سيَّارةٍ عائليَّة. لقد أرَتْنا هذه السَّوابرُ صَحارَى المِرِّيخِ الصخريَّة، وبُركانًا ناشِطًا على آيُو (أحدِ أقمارِ المُشْتَري)، وقَلْبَ الكُرةِ الثلجيِّ لِمُذنَّب؛ وعادَتْ إلى الأرضِ بِصُخورٍ من القَمَر، ومَرَّت عَبْرَ أجواءٍ سُمِّيَّة.

وهي كانت فائقةَ النَّجاحِ في إجراءِ الاستِقْصاءات والاكتِشافاتِ نِيابةً عنّا. وباستِخْدامِها تعَرَّفْنا الكثيرَ عن المَنْظومةِ الشمسيَّة، وستَسْتمِرُّ في ذلك من بَعَثاتٍ جديدةٍ هي الآنَ في طريقِها إلى أهدافِها، ومن بَعَثاتٍ أُخرى يَجْري إعدادُها.

مُعْظَمُ السَّوابِرِ الفَضَائيَّةِ تُطلَقُ بصواريخ إلى الفَضَاء، لكنَّ بعضَها يُحْمَلُ على مَتْنِ مَكُّوكٍ فَضَائيّ. وفي الفَضَاءِ يتوَجَّهُ السَّابِرُ نحو هَدَفِه. وقد لا يَبْلُغ هٰذا الهدفَ إلّا بَعْدَ سَنَوات؛ لكنْ عندَ وُصُولِه يَبْدأُ عملَهُ الفِعْليُّ – فتُشَغَّلُ المُعدَّاتُ العِلْميَّةُ على مَتْنِه؛ ويَبُثُّ السَّابِرُ نتائجَ استِقصاءاتِه تَوًّا إلى الفَلكيِّين على الأرض. وعندَ انتِهاءِ مُهِمَّتِه تتوَقَّفُ داراتُ السابِرِ الكَهْربائيَّةُ ويُتْرَكُ في الفَضَاء.

أوائلُ بين السَّوابر

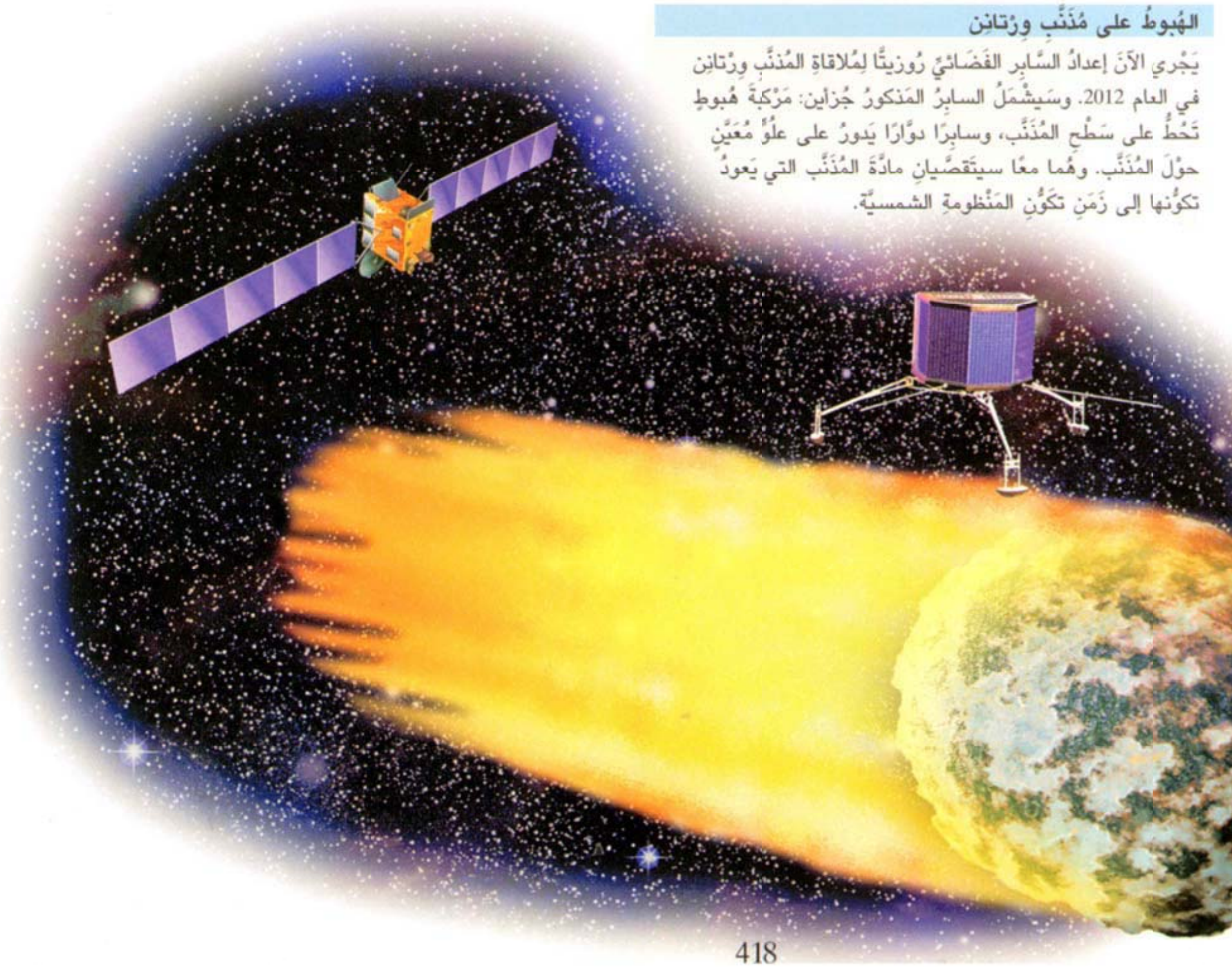
لُونا «2» كان أوَّلَ سابِرٍ فَضَائيٍّ يَنْجَحُ في الوُصُولِ إلى عالَمٍ آخَر. فقد هبَطَ مُرْتطِمًا بِسَطْحِ القَمَرِ عامَ 1959 – فكانَ الأوَّلَ من سِلْسِلةِ سَوابِرِ لُونا السوڤياتيَّةِ التي درسَتِ القَمَرَ على مَدى قُرابةِ 20 عامًا.

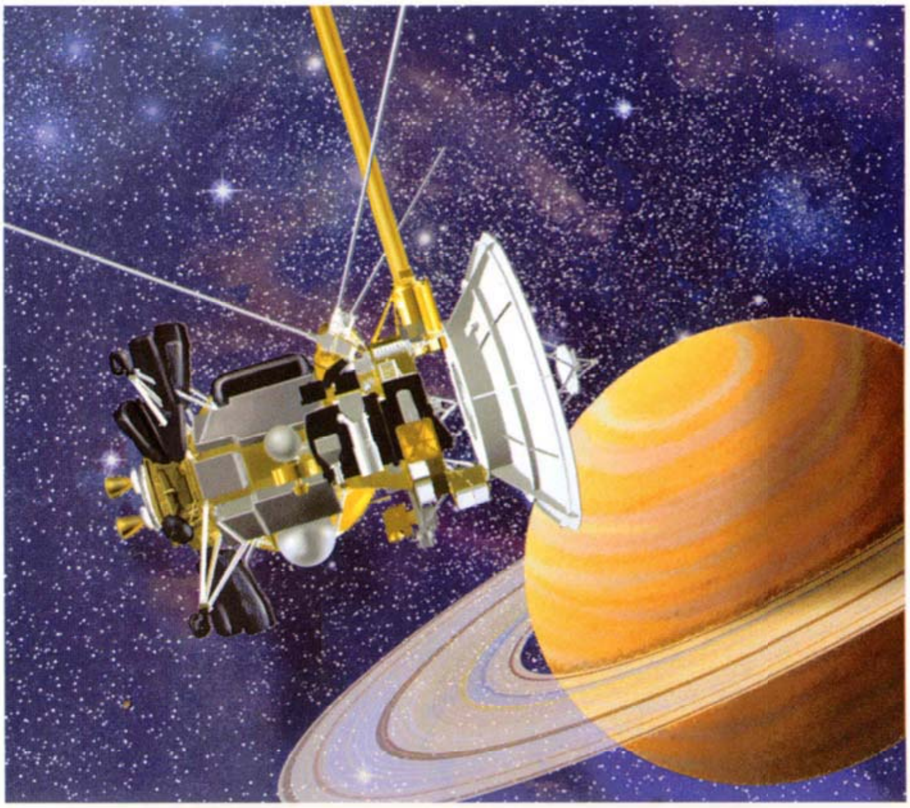
وقد نَجَحَ مارينَر «10» بزيارةِ كوكبَيْ عُطارِدَ والزُّهَرةِ عامَ 1973، فكان أوَّلَ سابِرٍ يَزورُ كوكبَيْنِ معًا. وجَرى تَقَصِّي كُلٍّ من الزُّهَرَةِ والمِرِّيخِ والمُشْتَري وزُحَلَ بواسطةِ عددٍ من السَّوابر. ثُمَّ كان تَقَصِّي أورانوسَ عام 1986 ونِپْتون عام 1989 بواسطةِ السابِرِ الفَضَائيِّ ڤوياجير «2» نفسِه. أمَّا پْلُوتُو فهو الكوكبُ الوحيدُ الذي لَمْ يُسْتَكشَفْ بعدُ.

الشَّمْسُ، وبعضُ أعضاءِ المَنْظومةِ الشمسيَّةِ الأصغَرُ، كانت أيضًا موضوعَ تَقَصِّي السَّوابِرِ الفَضَائيَّة. فالمَرْكباتُ التي

الهُبوطُ على مُذَنَّبِ ورْتانِن

يَجْري الآنَ إعدادُ السَّابِرِ الفَضَائيِّ رُوزيتًّا لِمُلاقاةِ المُذنَّبِ ورْتانِن في العام 2012. وسَيشْمَلُ السابِرُ المَذكورُ جُزأين: مَرْكبةَ هُبوطٍ تَحُطُّ على سَطْحِ المُذَنَّب، وسابِرًا دوَّارًا يَدورُ على علُوٍّ مُعَيَّنٍ حوْلَ المُذنَّب. وهُما معًا سيتقصَّيانِ مادَّةَ المُذَنَّبِ التي يَعودُ تكوُّنها إلى زَمَنِ تَكَوُّنِ المَنْظومةِ الشمسيَّة.





◄ السَّابِرُ الفَضَائِيُّ كاسِّيني الذي أُطلِقَ عامَ 1997، سيَصِلُ إلى زُحَل في العام 2004. وعندَ وُصُولِه سيَدورُ حوْلَ الكوكَبِ وحوْلَ اقمارِه لِمُدَّةِ أربعِ سَنَوات. وسيُطْلِقُ كاسِّيني السابِرَ الصُّغْرِيَّ هيچِنْز لِتقَصِّي قمَرَ زُحَل الأكبرَ، تَيْتان – القمرَ الوحيدَ الذي له جَوٌّ في المَنْظومةِ الشمسيَّة.

▼ قبْلَ الإطلاق، صَفَّحَ التِّقنيُّون السابِرَ الصُّغْرِيَّ هيچِنْز بدِرعٍ حراريٍّ يتألَّفُ من 160 قِرميدةً من السِّليكا العازِلةِ لِحمايتِه من دَرجاتِ الحرارة العالية – التي قد تبلُغُ 2000°س اثناءَ هبُوطِه عَبْرَ أجواءِ تَيْتانَ العُلْيا. ثُمَّ سيُقذَفُ الدِّرْعُ الحراريُّ لِتتقَصَّى أَجْهِزَةُ هيچِنْز بالاختِبارات جَوَّ تَيْتان السُّفْليَّ.



زارَت كواكبَ كالمُشْتَري وزُحَل استَكْشفَتْ أَقمارَها عن كَثَب. والكثيرُ من تِلكَ الأقمارِ أصْغَرُ من أنْ يُرى من الأرض. كما زَوَّدَنا السابِرُ الفَضائيُّ جِيُوتّو بأوَّلِ لَقْطةٍ عن قُربٍ لِمُذنَّبٍ عندما لاقَى مُذَنَّبَ هالي عام 1986. أمَّا أوَّلُ مَشْهَدٍ لِكُوَيْكبٍ فقد حصَلْنا عليه عامَ 1991 بواسِطةِ السَّابِرِ الفَضائيِّ غاليليو وهو في طريقِه إلى المُشْتَري.

الرُّوبُوتاتُ العامِلَة

يَحْمِلُ السَّابِرُ الفَضائيُّ على مَتْنِه كُلَّ ما يَحتاج إليه في مُهِمَّتِه. وهذه تَشْمَلُ ليسَ فقطْ المُعَدَّاتِ العِلميَّةَ لإنجازِ اختِباراتِه، بَلْ أيضًا مَصادِرَ قُدْرَةٍ وصواريخَ دافِعَةً صغيرةً لِتَغْييرِ الاتِّجاه، وأجهِزَةً لتَسْجيلِ وإرسالِ البَياناتِ التي يَجْمَعُها.

فالمُهِمَّةُ التي يُفْتَرَضُ أنْ يُنجِزَها السابِرُ، إضافةً إلى الطريقةِ التي سَيُنْجِزُها بها، تُؤَثِّران في تَصْميمِه. هنالكَ ثلاثُ طرائقَ أساسيَّةٍ تُكْمِلُ بها السَّوابِرُ مُهِمَّاتِها. السابِرُ العابِرُ يَدْرسُ هدَفَه أثناءَ مُرورِه عَبْرَه. والسَّابران ڤوياجير «1» وَ «2» كانا الأَنْجحَ من هذا النَّمَطِ حتَّى الآن. فقد طارا على مَقْرُبَةٍ من المُشْتَري وزُحَلَ وأُورانوس ونِبْتون بين عامَي 1979 وَ 1989.

وكنَمطٍ بَديلٍ، يُمكِنُ أنْ يكونَ السابِرُ عَرَبةً مَدارِيَّةً تَبْلُغُ هَدَفَها وتَتَّخِذُ لها مَدارًا حوْلَه. فالسَّابِرُ مَجلَّان دارَ حوْلَ الزُّهَرَةِ بينَ عامَي 1990 وَ 1994، وجَمَعَ بياناتٍ مَكَّنَتْ من إعدادِ خَرائطَ لِـ 98 بالمئة من سَطْحِ الزُّهَرَة. أمَّا الطريقةُ الثالثةُ فتكُون بِهُبوطِ السَّابِرِ على هَدَفِه.

العَرَباتُ أو السَّوابِرُ الفَضائيَّةُ الهبُوطِيَّةُ تعمَلُ مُنفردةً أو تُحْمَلُ إلى أَهْدافِها في عَرَبَةٍ مَداريَّة. ثُمَّ تَنْفَصِلُ عنها لإنجازِ مُهِمَّاتِها الإفراديَّة. وقد عَمِلَتِ السَّوابِرُ الهُبُوطيَّةُ بنَجاحٍ على أسطُحِ القَمَرِ والزُّهَرَة والمِرِّيخ.

وهنالك نوعٌ من السَّوابِرِ مَثيلٌ للسَّوابِرِ الهُبوطيَّةِ هو السَّابِرُ الصُّغْرِيُّ الذي يَنْفَصِلُ عن سابِرٍ أكبَرَ عند بُلوغِه الهَدَف. وبهٰذه الطريقةِ أطلَقَ السَّابرُ الفَضائيُّ غاليليو سابِرًا صُغْريًّا في جَوِّ المُشْتَري عامَ 1996. كما سيُطلِقُ السَّابِرُ كاسِّيني عندَ بُلوغِه زُحَلَ عامَ 2004 سابِرًا صُغْريًّا اسمُه هيچِنْز لِيَهْبِطَ عَبْرَ الجَوِّ الكثيف لِتَيْتان، أكبرِ أقمارِ زُحَل.

▼ يَسْتَغْرِقُ تَصْميمُ العَرَباتِ الفَضَائيَّةِ وبناؤُها واختِبارُها عِدَّةَ سَنَوات. هنا أربعةُ سَواتِلَ مُتَماثِلةٍ من طِرازِ كْلَسْتَر يَجْري فَحْصُها من قِبَل تِقْنيِّينَ في ميُونِخ عامَ 1994. لكِنَّ إطلاقَها لاحِقًا، بعْدَ سَنة، لمْ يكُنْ ناجِحًا. وقد أُعِدَّتْ أربعةُ سواتِلَ مَثيلةٍ جديدةٍ مُزَوَّدةٍ بمُعَدَّاتِ الاختِبار نَفْسِها لِتُطلَقَ لاحِقًا. ويُفْتَرَضُ أنَّها تدورُ حوْلَ الأرض في تَشْكيلٍ خاصٍّ لِدَرسِ التأثُّر بين الرِّيحِ الشمسِيَّةِ وجَوِّ الأرض.



أُنْظُر أيضًا

المَنْظومةُ الشمسيَّة ص 398 – 399

الصواريخُ والمَكُوكُ الفَضائيّ ص 420 – 421

الصَّواريخُ والمَكُّوكُ الفَضائيّ

الصَّواريخُ هي المَرْكَباتُ الوَحيدةُ التي تَنْطَلِقُ بِسُرعة 11 كم في الثانية، وبذلك يُمكِنُها الإفلاتُ من جاذبيَّةِ الأرض وبُلوغُ الفَضاءِ الخارجيّ. وهي تَحْمِلُ سوابِرَ وسَواتِلَ فَضائيّةً ورُوّادَ فَضاء.



صاروخُ أرْيان (44LP) يُقْلِعُ من مَوقعِ الإطلاقِ التابعِ لِوَكالةِ الفَضاءِ الأوروبيَّةِ في كُورُو بغينيَا الفرنْسيَّة. وقد جُهِّزَ الصاروخُ الرئيسيُّ بأربعةِ صواريخَ مُعَزِّزةٍ – اثنَيْنِ يَعْمَلان بالوَقُودِ الجامِدِ واثنَيْنِ بالوَقُودِ السَّائل.



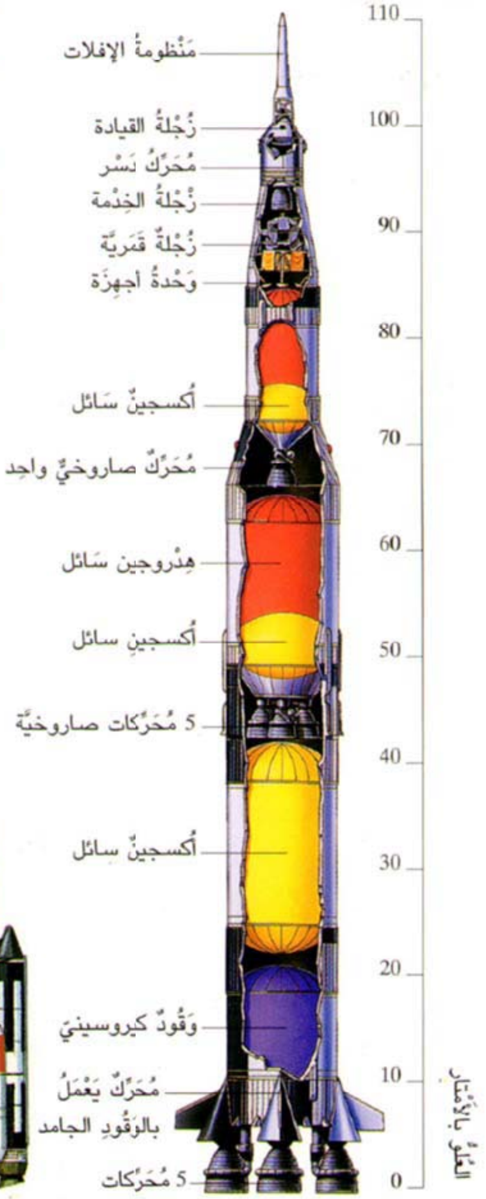
رائدُ الصواريخِ الأمريكيُّ رُوبَرْت غودارْد (1882 - 1945) أجرى عِدَّةَ اختِباراتٍ صاروخيَّةٍ تَطْبيقيَّة، وأطلَقَ أوّلَ صاروخٍ يعمَلُ بالوَقُودِ السّائلِ عامَ 1926.

تنامَتْ مَعْرِفةُ السَّفَرِ إلى الفَضَاءِ مُنْذُ أواخِرِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر عندما صُمِّمتِ الصواريخُ الأُولى. وقد تحقَّقَتْ خُطْوةٌ مُهِمَّةٌ في تِقْنيَّاتِ الصواريخِ الفَضائيَّةِ عامَ 1926 بإطلاقِ أوَّلِ صاروخٍ يعمَلُ بالوَقُودِ السَّائل. وقد صَمَّمَ هذا الصاروخَ وأطلقَه عالِمُ الصواريخِ رُوبَرْت غودارْد؛ ودامَ طيرانُ صاروخِ غودارْدَ هذا ثانيَتَيْنِ ونصفَ الثانية، وبَلَغ عُلُوَّ 12,5 مِترًا. وقد مَهَّدَ عمَلُ غودارْد، وغيرِه من عُلماءِ الصواريخ، السَّبيلَ إلى إطلاقِ الصواريخِ الفَضائيَّةِ الأُولى في أربعينيَّاتِ وخَمْسينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين.

التِّقاناتُ الصَّاروخيَّة

مُعْظَمُ جِسْمِ الصاروخِ يَشْغَلُه الوَقُودُ اللازِمُ لِتَزْويدِه بِقُدْرَةٍ تَدْسُرُهُ إلى الفَضَاء. ويُخَصَّصُ جُزْءٌ صغيرٌ فقط من جِسْمِ الصاروخِ لِلْحُمولة التي تَشْغَلُ مُقدَّمةَ الصاروخ. ويَحْتاجُ وَقُودُ الصاروخِ إلى مُؤكسِدٍ – هو الأُكسجينُ أو مادَّةٌ كيماويَّةٌ تحوي الأُكسجين.

يَبْدأ انطِلاقُ الصاروخِ من مِنَصَّتِه بِمَزْجِ الوَقُودِ بالمؤكسِدِ وإشعالِه؛ فيتمَدَّدُ الوَقُودُ متحوِّلًا إلى غازٍ حارٍّ عالي الضغط، يَنْبَجِسُ إلى الخارِجِ عَبْرَ مَنافِثَ في أسْفَلِ الصاروخ، فيَنْدفِعُ الصاروخُ وحُمولَتُه إلى الفَضَاءِ بَعيدًا عن الأَرضِ بِقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل. والمَعْروفُ أنَّه بازدِيادِ ثِقْلِ الحُمولَةِ تَزْدادُ كمِّيَّةُ الوَقُودِ اللازمةِ لعمليَّةِ الدَّسْر؛ لكِنَّ إضافةَ الوَقُودِ تَزيدُ أيضًا من وَزْنِ الصاروخ. لذا، تُحْزَمُ صواريخُ مُعَزِّزَةٌ حوْلَ الهياكلِ الخارجيَّة السُّفْليَّة للصواريخِ الضخمة، تُطْرَحُ لاحِقًا بعد أن تُكسِبَ الصواريخَ دَفْعًا إضافيًّا عند الإطلاق. كذلك يُصَمَّمُ الصاروخُ الرئيسيُّ لِيَعْمَلَ على مَراحِلَ – لِكُلِّ مَرْحَلةٍ مَدَدُها الوَقُوديُّ الخاصُّ ومُحَرِّكاتُها الخاصَّةُ التي تُسْتَخْدَمُ تِباعًا ثُمَّ تُطْرَحُ كلَّما ابتعَدَ الصاروخُ أكثَرَ عن الأرض. فقَطْ مَرْحلةُ الصاروخِ النهائيَّةُ هي التي تُكمِلُ الرِّحلَةَ إلى الفَضاءِ الخارجيّ حيثُ تُطْلِقُ حُمولَتَها.



حَمَلَتْ صواريخُ ساتِرن «5» رُوّادًا أمريكيِّين من كِيبْ كَنَفِرال في فلوريدا إلى القَمَر بينَ عامَي 1969 وَ 1972.



صاروخُ تَيْتان «3» حَمَلَ السَّابرَيْنِ الفَضَائيَّيْن فايْكِنْغ إلى المِرِّيخِ عامَ 1974.



أوَّلُ طَيَرانٍ ناجِح للصاروخِ الأوروبيّ، أرْيان «5»، كان عامَ 1997.



صواريخُ لونْغ مارْش الصِّينيَّةُ تُطْلِقُ سَواتِل.



منذُ العام 1967، تحمِلُ صواريخُ سُويُوز رُوّادًا سوفْياتيِّين إلى الفَضاء.



الصاروخُ اليابانيُّ (H - IIA) يُطْلِقُ سواتِلَ إلى مَداراتٍ حوْلَ الأرض.

وقد أقلعَتْ مئاتُ الصواريخ إلى الفَضاء في الـ 50 سنةً الماضية، حاملةً في الغالِب سواتِلَ وسوابرَ فَضَائيَّةً وأحيانًا رُوَّادَ فَضاء. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ الصواريخ قصيرةُ الأجلِ جِدًّا وباهِظَةُ التكْلِفَةِ وتُسْتَخْدَمُ لِمَرَّةٍ واحدَةٍ فَقَطْ. وفي غُضونِ حوالى عَشْرِ دَقائقَ بعْدَ الإطلاق يكُونُ الصاروخُ قد رفَعَ حُمولَتَهُ إلى الفَضاء وانتهى عَمَلُه.

مَكُّوكُ الفَضَاء

في العام 1981 أُطلِقَ نَمَطٌ جَديدٌ من المَرْكَباتِ الفَضَائيَّةِ هو مَكُّوكُ الفَضَاء. والفَرْقُ الرئيسيُّ بين مَكُّوكِ الفَضاء والصاروخِ العاديِّ هو أنَّ المَكُّوكَ مَنْظومَةٌ يُعادُ استِخْدامُها. فهو يَستَخْدِمُ التِّقانيّاتِ الصاروخيَّةَ للانطِلاق إلى الفَضاء، ثُمَّ يَرْتَدُّ عائدًا إلى الأرض كطائرةٍ شِراعيَّة. أجزاءُ المَكُّوكِ الرئيسيَّةُ الثلاثةُ هي العَرَبةُ المَداريَّةُ وخَزَّانُ الوَقود والصاروخان المُعَزِّزان. وباستِثْناءِ خَزَّانِ الوَقود يُمكِنُ استِخْدامُ أجزاءِ المَكُّوك الأُخرى عِدَّةَ مرَّات. يَطيرُ طاقَمُ المَكُّوك والحُمولَةُ في العَرَبةِ المَداريَّة، أي الطائرةِ الفَضائيَّة - وهذا الجُزْءُ من المكُّوكِ هو الذي يُطلَقُ إلى الفَضاء. وهو يعمَلُ كمَشْغَلٍ للرُّوَّاد في الفَضاء، ثُمَّ يَعُودُ بهِم بأمانٍ إلى الأرض.

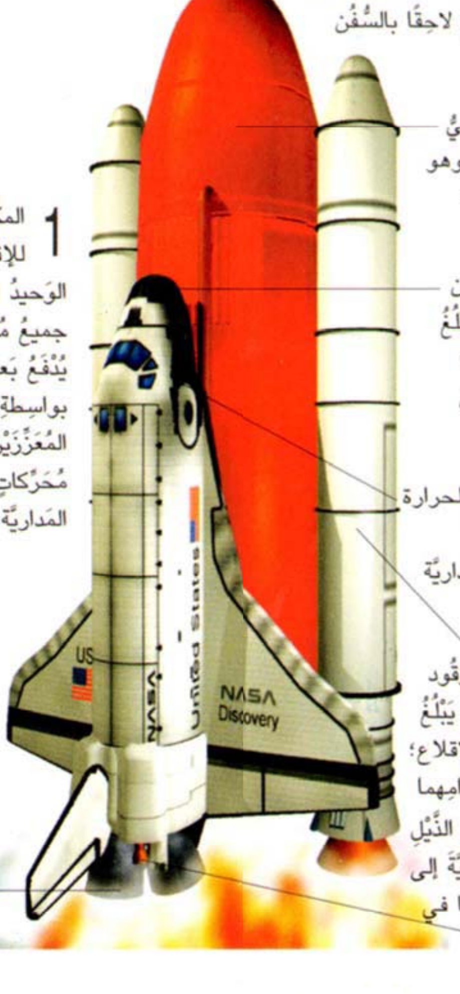
هنالكَ أربَعُ عَرَباتٍ مَداريَّةٍ مُختَلِفَةٍ هي كولُومْبيا وديسْكَفَري وأتلَنْتِس وإنْدَفَر - تَتواجَدُ إحداها فقط في الفَضاءِ في أيِّ وَقْت. وهي تُسْتَخْدَمُ كمُخْتَبَراتٍ فَضائيَّةٍ يُجْري فيها الرُّوَّادُ والعُلماءُ تجارِبَ مُختلِفَةً ويَختَبِرون الأجهزة. وهي تُستَخْدَمُ أيضًا لإطلاقِ السواتِلِ وإصلاحِها واستِعادَتِها، أو لإطلاقِ السوابرِ الفَضائيَّةِ أو لإقامَةِ المَحطَّةِ الفَضائيَّةِ الدوليَّة (م ف د).



صاروخٌ، من طراز N-II، يابانيٌّ يُقْلِعُ من مَرْكزِ الإطلاق في جُزَيرةِ تانيجاشيما - جَنوبي اليابان. يَضُمُّ مَرْكزُ الإطلاقِ مواقِعَ تجميعِ واختِبارِ المَرْكَباتِ الفَضَائيَّةِ ومَوقِعًا لِتَتَبُّعِ السَّواتِل.

المَكُّوكُ الفَضَائيّ

الرِّحلةُ المكُّوكيَّةُ النَّمُوذجيَّةُ إلى الفَضاءِ تَسْتَغْرِقُ أُسبوعًا. وتُشَغَّلُ عمليَّةُ الإطلاقِ الفِعْليّ بواسِطةِ حواسيبَ على مَتْنِ المكُّوكِ بإشرافِ فريقِ مُراقَبةِ الإطلاق. وعندما يَبْلُغ المكُّوكُ الفَضاءَ يتولَّى المُراقَبةَ فريقُ إدارةِ البَعْثَة. يبلُغُ حَجْمُ العَرَبةِ المَداريَّة حَجْمَ طائرةٍ صغيرة. ويَحْوي خزَّانُ الوَقُودِ الكبيرُ البرتقاليُّ المُحمَرُّ اللون حوالى ثُلُثِه أُكسجينًا سائلًا وثُلُثَيْه هِدْروجينًا سائلًا لتزويدِ المُحَرِّكاتِ الرئيسيَّةِ بالوَقُود. وهو الجُزْءُ الوحيدُ من المكُّوكِ الذي لا يُعادُ استِخْدامُه. أمَّا الصَّاروخان المُعَزِّزان فيُستَعادانِ لاحِقًا بالسُّفُن لإعادة استِعمالِهما.



1 المكُّوكُ جاهِزٌ للإقلاع؛ وهو الوَقْتُ الوَحيدُ الذي تكونُ فيه جميعُ مُقَوِّماتِه مَعًا. وهو يُدْفَعُ بَعيدًا عن الأرض بواسِطةِ الصاروخَيْن المُعَزِّزَيْن والثلاثةِ مُحَرِّكاتٍ في العَرَبةِ المَداريَّة.



2 بعْدَ حوالى دَقيقَتَيْن من إقلاعِ المَكُّوك تُسَبِّبُ بَراغٍ مُتَفَجِّرةٌ الصاروخَيْن المُعَزِّزَيْن؛ ويُقْذَفُ خَزَّانُ الوَقُودِ الرئيسيُّ بعدَ ذلك بِسِتِّ دقائق.



3 العَرَبةُ المَداريَّةُ في الفَضاءِ تَدورُ حوْلَ الأَرض؛ وأبوابُ حَوْزِ حُمولَتِها مَفْتوحَة. والرُّوَّادُ بداخِلِها يتحَكَّمون في ذِراعِ الرَّفْعِ لِوَضْعِ السَّاتِلِ في الفَضَاء.



4 في رِحْلَةِ العَودة، تَهْبِطُ العَرَبةُ المَداريَّةُ مُنْسابةً عَبْرَ جَوِّ الأرضِ كطائرةٍ عاديَّة. فتَسْتَقِرُّ على المَدْرَج بِمُساعدةِ دَفَّتِها وحوافِّ جَناحَيْها المُتَحَرِّكة، وباراشوتِ الجَرِّ المُعلَّقِ في ذَيْلِها.

أنْظُر أيضًا

الأكْسَدةُ والاخْتِزال (الأَخْسَدة) ص 178
استِكْشافُ الفَضاء ص 418 - 419
الإنسانُ في الفَضاء ص 422 - 423

الإنسانُ في الفَضَاء

قُرابة 400 رجُلٍ وامرأةٍ جالُوا في الفَضَاء منذُ العام 1961 - منهم 26 رائدًا أمريكيًّا غادَروا مَدارَ الأرض وزاروا القَمَر.



في 19 نيسان (إبريل) عامَ 1961، أصبحَ الرائدُ الكَونيّ (كما يُسمَّى الرُّوّاد في الاتّحاد السوفياتيّ)، يُوري غاغارين، على مَتْنِ المَرْكبة ڤوسْتوك «1»، أوّلَ إنسانٍ يَرودُ الفَضَاء.



في 16 حزيران (يونيو) عامَ 1963، أصبحَت الرائدةُ الكونيّةُ، ڤالِنْتينا تريشْكوڤا، على مَتْنِ المركبة ڤوسْتوك «6»، أوّلَ امرأةٍ تَرودُ الفَضَاء.



رائدُ الفَضَاء الأمريكيُّ، نيل آرمسْترونغ، أصبحَ أوّلَ إنسانٍ تطأُ قدَماه عالمًا آخَر - عالَمَ القَمَر - في 20 تمّوز (يوليو) عامَ 1969.



في تمّوز (يوليو) عامَ 1975، التَحمتِ المَرْكبةُ الأمريكيّةُ أبولُّو «18» مع المركبة السُّوفياتيّة سُويُوز «19» - فحقَّقتا أوّلَ اقتِرانٍ لِمَركبتَيْن في الفَضَاء.

أوّلُ مَنْ جالوا في الفَضَاء لمْ يكونوا من البَشَر - بل كانوا كائناتٍ حيَّةً شمِلَتْ كِلابًا وشمپانزياتٍ وقُرودًا اختيرت لاختِبار الطيرانِ الفَضَائي. وقد مَهّدتْ رِحْلاتُها السَّبيلَ لطيراناتِ البشَرِ الأُولى في الفَضَاء. وقد بدأ الاتّحادُ السُّوفياتيّ والولاياتُ المتّحدة الأمريكيّةُ الإستِعداد لإطلاقِ أوّلِ إنسانٍ إلى الفَضَاء عامَ 1961. وقد حَقّق الرائدُ الروسيُّ يوري غاغارين أوّلَ طَيرانٍ فَضَائيٍّ دام 108 دقائق؛ وبه بَدأ سِباقٌ بين الدَّولتَيْن استمرَّ قُرابَةَ عَقْدٍ من الزَّمَن بلَغ ذُرْوَتَه بخُطواتِ الرائد الأمريكيّ نيل آرمسترونْغ على سَطْحِ القَمَر.

وحاليًّا لا تَزالُ هاتان الدولتان تُتيحانِ السَّبيلَ الوحيد لِسَفر البشَر إلى الفَضَاء، إمّا على مَتْنِ الصاروخ السوفياتي سويُوز أو على مَتْنِ المكُوكِ الفَضَائيِّ الأمريكيّ. وقد قاما كِلاهُما بحَمْل مُسافرين إلى الفَضَاء من بُلْدانٍ أُخرى، بحيثُ تَسَنَّتْ زيارةُ الفَضَاءِ لأناسٍ من بُلْدانٍ عديدة. ويُسَمَّى هؤلاءِ المُسافِرون رُوَّادًا؛ ويَخْضَعُ كُلُّ واحدٍ منهم لِحوالَى سنَتَين من التدريب قبْلَ رِحْلتِه الأُولى إلى الفَضَاء.

العَيْشُ في الفَضَاء

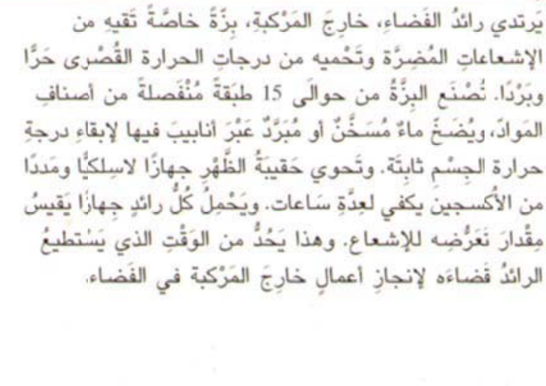
طَبيعةُ الجِسْمِ البَشَريّ لَيْسَتْ مُهايأةً للعَيْشِ في الفَضَاء. لذا يَتوَجَّبُ على رُوَّادِ الفَضَاءِ لَيْس فقط حَمْلُ كُلِّ ما يحتاجونَه مَعهم للبَقاءِ - بما فيه الهواءُ للتنَفُّس، بَل علَيهم أيضًا مُجابَهةُ بيئةِ انعِدامِ الوَزْن وهُمْ في الفَضَاء. فَهُم في مركَبتِهم الفَضَائيّةِ لا يَشعرونَ بالجاذبيّة - فلا الرائدُ ولا أيُّ شَيْءٍ داخِلَ المَرْكَبةِ في مَدارِها له وَزْن. فالرُّوّادُ وكُلُّ شيءٍ آخَرُ يَطفون داخِلَ المَرْكَبةِ دُون أدنى جُهْد. وعلى الرُّوّادِ مُمارسَةُ الأنشِطة الطبيعيّة، كالأكْلِ والنَّوْمِ والعَمَل، في حالةِ انعِدامِ الوَزْن.

يُوجَدُ داخِلَ المَرْكبةِ الفَضَائيّةِ هواءٌ للتنَفُّس وأسِرَّةٌ جِداريَّةٌ ثابتةٌ للنَّوم وفُسْحَةٌ صغيرةٌ لِلأكْل والإستِرْخاء ومِرْحاض. ويَعْمَلُ الرُّوّادُ في مناطِقَ مُنْفَصِلَةٍ داخِلَ المَرْكبةِ، كما يُمكِنُهم الخُروجُ منها إلى الفَضَاء لِتَأدِيَةِ مُهِمّاتٍ مُعيَّنة. فقد يُضطرّونَ للعَمَل خارِجَ المَرْكبةِ عِدّةَ ساعاتٍ لإصلاحِ ساتِلٍ، مثلًا - الأمرِ الذي يَقْتضي التِقاطَ السَّاتلِ وإصلاحَه ثُمَّ إعادةَ إطلاقِه إلى الفَضَاء. وأيُّ طَلْعَةٍ خارِجَ المَرْكبةِ تَتطَلَّبُ بِزَّةً فَضَائيّةً واقِيَةً. والرُّوّادُ خارِجَ المَرْكبةِ يُربَطونَ بِها حتّى لا يطفوا بعيدًا عَنْها. وقد يتزَمَّلون، بدَل ذلك، بوَحْدةِ مُناورةٍ ظَهْريَّةٍ ذاتِ دَفّاعاتِ دَسْرٍ صاروخيّةٍ للتَّحكُّمِ في حَرَكاتِهم واتّجاهاتِهم.

بِزَّةُ الفَضَاء

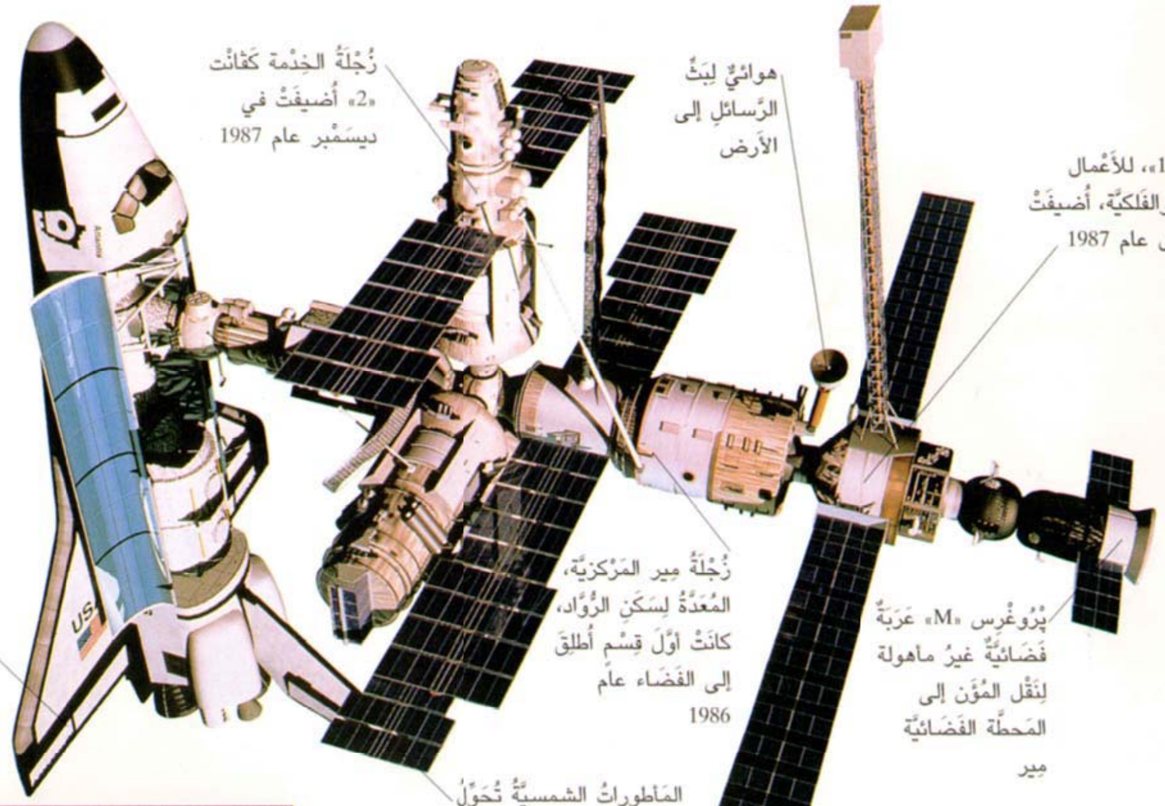
يَرتدي رائدُ الفَضاءِ، خارِجَ المَرْكبةِ، بِزّةً خاصّةً تَقيهِ من الإشعاعاتِ المُضِرَّة وتَحْميه من درجاتِ الحرارة القُصْوى حَرًّا وبَرْدًا. تُصْنَع البِزَّةُ من حوالَى 15 طبَقةً مُنْفَصلةً من أصنافِ المَوادّ، ويُضَخ ماءٌ مُسَخَّنٌ أو مُبَرَّدٌ عَبْرَ أنابيبَ فيها لإبقاءِ درجةِ حرارة الجِسْم ثابتَة. وتَحوي حَقيبَةُ الظَّهْرِ جِهازًا لاسِلكيًّا ومَددًا من الأُكسجين يكفي لعِدَّةِ ساعات. ويَحْمِلُ كُلُّ رائدٍ جِهازًا يَقيسُ مِقْدارَ تَعَرُّضِه للإشعاع. وهذا يَحُدُّ من الوَقْتِ الذي يَسْتطيعُ الرائدُ قَضاءَه لإنجازِ أعمالٍ خارِجَ المَرْكَبة في الفَضَاء.

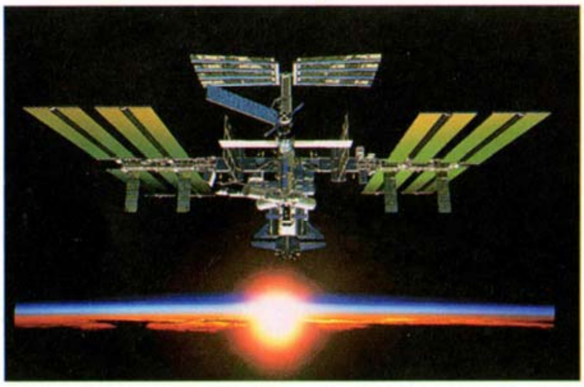




رائدا فَضَاءٍ أمريكيّان يُجريان اختِبارًا على مَتْنِ المَكُوكِ الفَضَائيّ، أتلَنْتِس. وهُما يُراقِبان تَنامي بِلّوراتِ الجَليد في ظروفِ انعِدام الوَزْن.

التحَمَ المَكُوكُ الفَضَائيُّ الأمريكيُّ أتلَنْتِس بالمَحطَّةِ الفَضَائيَّةِ السُّوفياتيَّةِ مِير في حُزَيران (يونيو) عام 1995 لِمُدَّةِ 100 ساعة تَقْريبًا. وانضَمَّ إلى الرُّوَّادِ السُّوفييت الثلاثة الذين كانوا على مَتْنِ مِير، رائدان سوفْياتيّان وخَمْسَةُ رُوَّادٍ أمريكيُّون من أتلَنْتِس. ثُمَّ عادَ الرُّوَّادُ الثلاثة، الذين كانوا قَضَوا في الفَضَاءِ أكثَرَ من ثلاثةِ شُهور، إلى الأرض على مَتْنِ المكُّوكِ أتلَنْتِس.





▲ هذا انْطِباعٌ لأحدِ الفَنَّانين يُبَيِّنُ شَكْلَ المَحطَّةِ الفَضَائيَّةِ الدوليَّةِ عندَ اكتِمالِها. وسَتكونُ سَعَتُها بِمَساحةِ مَلْعَبٍ لِكُرَةِ القَدَم تَتوسَّطُها زُجْلاتُ السَّكَن والعَمَل.

المَحَطَّاتُ الفَضَائيَّة

يَقْضِي الرُّوَّادُ عادةً بِضْعةَ أيَّامٍ كُلَّ مَرَّةٍ في الفَضَاء على مَتْنِ المَكُّوكِ الفَضَائيّ. وقد أَمضى رُوَّادٌ فَتَراتٍ طالَتْ أسابيعَ أو شُهورًا أو ما يَفوقُ السَّنةَ على مَتْنِ المَحطَّةِ السوفْياتيَّة الفَضائيَّة مِير. المَحطَّةُ الفَضَائيَّةُ مَرْكَبَةٌ سَيَّارةٌ في مَدارٍ دائمٍ حوْلَ الأرض تُوَفِّر للرُّوَّادِ على مَتْنِها بَيْتًا ومَشْغَلًا معًا. لقد عاشَ رُوَّادٌ روسيُّون على مَتْنِ 7 مَحطَّاتٍ فَضَائيَّةٍ مُخْتلِفةٍ، منذُ العام 1971، حملَتِ السِّتُّ الأُولى منها الاسمَ سَاليُوت. أمّا الأخيرةُ والأكثَرُ نجاحًا فكانتِ المَحَطَّةَ مِير. وكانَتْ مِيرُ أكبَرَ من أنْ تُطْلَقَ دَفْعةً واحدة؛ لذا تَمَّ نَقْلُها قِطَعًا مُنْفَصِلَةً تَمَّ جَمْعُها في الفَضَاء. وظَلَّتْ مِير مَأْهولةً بالرُّوَّاد من شباط (فبراير) 1987 إلى أواسِط العام 1999.

ويَجْري الآنَ بناءُ المَحطَّةِ الفَضَائيَّةِ الدَّوليَّة في مَدارٍ حوْلَ الأرض. وسيتَطلَّب نَقْلُ جميعِ أجزائها للتجميع في الفَضاء حوالَى 70 رِحْلةً بِصَواريخ پروتُون الرُّوسِيَّة والمَرْكَباتِ المكُّوكيَّة الأمريكيَّة. وقد وصَلتِ الوَسْقةُ الأولى من هٰذه المُقَوِّمات في العام 1998، ويُفتَرَضُ الانتِهاءُ من بناءِ المَحطَّة بالكامِلِ بِحُلولِ العام 2004. وبِفَضْلِ الجُهْدِ التعاوُنيِّ من قِبَلِ 16 دولةً سَتُوفِّرُ المَحطَّةُ الفَضَائيَّةُ الدوليَّةُ مَقاصيرَ للعَيْشِ ومُخْتبَراتٍ للتجاربِ العلميَّة تكفي لحوالَى سَبْعةِ رُوَّاد.



قد يكونُ هذا الفُنْدقُ مُسْتقبلًا مَقْصَدًا لِسُيَّاحِ الفَضَاءِ الأوائل. وهو واحِدٌ من عِدَّةِ فَنادقَ صُمِّمَتْ لِتَتَّخِذَ لها مَدارًا حوْلَ الأرض. ويُعتَبَرُ القَمَرُ أيضًا مَقْصَدًا مُحْتَمَلًا لِلسُّيَّاح.

أُنْظُر أيضًا

إسْتِكْشافُ الفَضَاء ص 418 – 419
الصَّواريخ والمَكُّوكُ الفَضَائيّ ص 420 – 421

السَّواتِلُ الاِصطِناعيَّة

لَقد وُضِعَتْ مئاتُ السَّواتِلِ الاِصطِناعيّةِ في مَداراتٍ حوْلَ الأرض لِتُراقِبَ الكواكِبَ، وتُساعِدَنا في المِلاحةِ والاِتّصالاتِ، وتَرْصُدَ الفَضَاء.



كان سْپوتْنِك «1» أوَّلَ ساتِلٍ يُوضَعُ في مَدارٍ حوْلَ الأرض. وقد تَألَّفَ من كُرَةٍ ألومِنيُوميَّةٍ قُطْرُها 58 سم أطلقَها الاِتّحادُ السُّوڤياتيُّ إلى الفَضَاء في 4 تشرين الأوَّل (اكتوبر) عام 1957. واحتَوتِ الكُرَةُ بطّاريَّةً ومُرْسِلًا لاسلكيًّا ومُعَدّاتٍ لِتَقَصّي جَوِّ الأرض العُلْويّ.

السَّاتِلُ جِسْمٌ يَدورُ حوْلَ كوكَب. القَمَرُ هو السَّاتِلُ الطبيعيُّ للأرض، وجميعُ الكواكِبِ الأُخرى، عدا عُطارِدَ والزُّهَرَة، لها أقمارُها. السَّواتِلُ الطبيعيَّةُ تُسَمَّى، غالبًا، أقمارًا؛ أمّا الصُّنْعيَّةُ فتُسَمّى سواتِلَ أو توابِعَ أو أقمارًا اصطِناعيَّة.

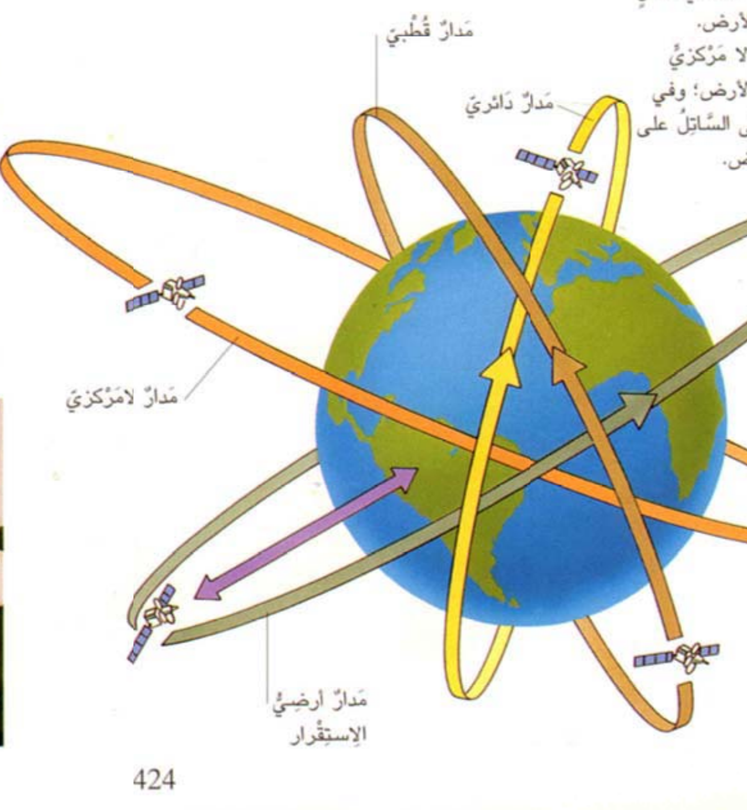
هنالك حاليًّا حوالى 1000 ساتِلٍ تَعْمَلُ في الفَضَاء – كُلٌّ منها عَبَاءَةٌ عِلْميَّةٌ مُصَمَّمةٌ للقِيامِ بِمُهِمَّةٍ مُعيَّنة. وهي تُطْلَقُ إلى مَداراتِها على مَتْنِ صاروخٍ أو مَكُّوكٍ فَضَائيّ، وتَدورُ حوْلَ الأرض على عُلوٍّ يَتَراوحُ بين حوالى 300 وَ 1000 كم فوقَ سَطْحِ الأرض.

عندَ وُصولِ السّاتِلِ إلى مَدارِه يُفَعَّلُ للعَمَلِ ويَسْتَمِرُّ يَعْمَلُ عِدَّةَ سَنَوات. لكِنْ مآلُ هذه السَّواتِل كلِّها إلى التَّوَقُّفِ بعْدَ فَتْرةٍ تَقْصُرُ أو تَطول – رُبَّما لِقُصُورٍ في أحدِ أجزائها، أو نَفادِ مَدَدِها من القُدْرة. حينَئذٍ يَبْرَحُ السَّاتِلُ المُعَطَّلُ مَدارَه، ويَحْتَرِقُ أثناءَ سُقُوطِه عَبْرَ جَوِّ الأرض.

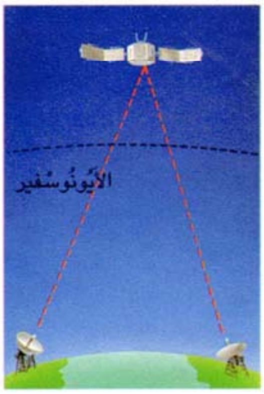
تُوضَعُ السَّواتِلُ في مَداراتٍ مُحَدَّدة تَبَعًا لِلوَظيفةِ المُرادِ القِيامُ بها. فبَعضُ السَّواتِلِ يَنْبَغي أنْ تَبْقَى دَوْمًا فوقَ الموقعِ نَفْسِه من سَطْحِ الأرض. لذا تُوضَعُ هذه السَّواتِلُ في مَداراتٍ أرضيَّةٍ مُسْتَقِرَّةٍ على عُلوٍّ حوالى 000 36 كم فوقَ خَطِّ الاِستِواء – مِمّا يُبْقي السَّاتِلَ دَوْمًا فوقَ المَوقعِ نفسِه من سَطْحِ الأَرض (أُنظر ص 366). كَثرةٌ من سَواتِلِ الاِتّصالات تُوضَعُ بهذه الطريقة لِتَعْمَلَ معًا كشَبَكةِ اتّصالاتٍ عالَميَّة. سَواتِلُ أُخرى، كسَواتِلِ الطقس، تعمَلُ في مَداراتٍ قُطبيَّة لِتُراقِبَ سَطْحَ كوكَبنا بكامِلِه أثناءَ دَوَرانِ الأرض تحتَها.

قُدْرةُ السَّاتِلِ الكَهْربائيَّةُ تَزَوِّدُه بها خلايا شَمْسيَّةٌ، إمّا في مَاطوراتٍ تَبْدو كجَناحَيْنِ على جانِبَي السَّاتِل، أو تُلَفُّ حوْلَ هَيْكلِه. هذه الخلايا الشمسيَّةُ تُحَوِّلُ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس السَّاقِطِ عليها إلى كَهْرباء. وهي تُطْوَى عندَ إطلاقِ السَّاتِل، ثُمَّ تُبْسَطُ مُوَضَّعةً لِتُواجِهَ الشَّمْسَ دَوْمًا عندما يَصِلُ السَّاتِلُ إلى الفَضَاء.

مَرْكزُ مُراقَبةِ السَّواتِلِ يُراقِبُ السَّاتِلَ طَوالَ حياته – يَتَتَبَّعُه ويَتَلَقَّى إشاراتِه ويَبْعَثُ إليه الأوامر. والهوائيّاتُ القَضيبيَّةُ أو الطَّبَقيَّةُ الشَّكْل على السَّاتِلِ تَظَلُّ مُوَجَّهةً نحو الأرض لإرسالِ البَيانات وتَلَقِّيها. وعلى مَتْنِ السَّاتِلِ أيضًا دَفّاعاتٌ صاروخيَّةٌ يُمكِنُ إطلاقُها لإبقاءِ السَّاتِلِ في المَوقعِ المُحَدَّدِ ومُوَجَّهًا في الاِتّجاهِ الصَّحيح.



▼ تَتْبَعُ السَّواتِلُ أحدَ أربعةِ أنماطٍ رئيسيَّةٍ من المَدارات. المَداراتُ القُطْبيَّةُ تأخذُ السَّواتِلَ فوقَ قُطْبَي الأرض؛ والمَداراتُ الأرضيَّةُ الاستِقْرارِ تُبْقي الساتِلَ في مَوقِعٍ ثابتٍ فوقَ سَطْحِ الأرض. والسَّاتِلُ في مَدارٍ لا مَرْكَزيٍّ يَتَفاوَتُ بُعْدُه عن الأرض؛ وفي المَدارِ الدّائريِّ يَبْقَى السَّاتِلُ على بُعْدٍ ثابتٍ عن الأرض.



◄ سواتِلُ الاِتّصالاتِ الأرضيَّةُ الاِستِقْرار تُمَرِّرُ المُكالماتِ التلِفونيَّةَ والبَرامِجَ التلِفْزيونيَّةَ والبَياناتِ الحاسُوبيَّةَ بين مُخْتلِف البُلْدان عَبْرَ العالَم.



▼ هذه الأَطباقُ السَّاتِليَّةُ، على مَبْنى شُقَقٍ سَكَنيَّةٍ مُوَجَّهةٌ كُلُّها نَحو ساتِلِ اتّصالاتٍ في الفَضَاء بِحَيْثُ يُمكِنُها استِقْبالُ الإشاراتِ التلِفْزيونيَّة.



السَّواتِلُ في مجالاتِ العَمَل

مُعْظَمُ السَّواتِلِ يَجْري تَصْنيعُها وتَشْغيلُها من قِبَلِ شَركاتٍ تِجاريَّة. هنالك عِدَّةُ أنماطٍ مُخْتَلِفةٍ من السَّواتل – منها المِلاحِيَّةُ والعِلْميَّةُ والعَسْكَرِيَّةُ وسواتِلُ المُراقبةِ الأرضيَّةِ والاِتِّصالات. وقد بدأتِ السَّواتِلُ المِلاحِيَّةُ تَعْمَلُ لِخِدْمَتِنا مُنذُ ما يَزيدُ على 40 سَنةً.

وقد أضحَتْ سواتِلُ الاِتِّصالاتِ جُزْءًا من حياتِنا اليوميَّة – نَسْتَخْدِمُها حتَّى دونَ أن نُدْرِكَ دَوْرَها في ذلك. فالحَدَثُ الرِّياضيُّ أو المِهرجانُ الموسيقيُّ، في مكانٍ مّا من العالَم يُمكِنُ مُشاهدَتُه على الجانبِ الآخر من الكُرةِ الأرضيَّة في الوقت نفسِه. والكاميراتُ التلفزيونيَّةُ تُصَوِّرُ الحدَثَ وَتُرْسِلُ الإشاراتُ إلى ساتلٍ فوقَ الجانبِ المُقابِلِ من الكوكَب. وهذا السَّاتِلُ يَبُثُّها إلى الأرض حيثُ تُسْتَقْبَلُ لِيُشاهِدَها مَنْ يُريد. وبالطريقةِ نَفْسِها تُعالَجُ مَلايينُ المُخابراتِ التلِفونيَّة والاِتِّصالاتُ على الإنترنت.

كذلك تَسْتَخْدِمُ نَشَراتُ الأحوالِ الجَوِّيَّة اليَوميَّة مَعْلوماتٍ من سَواتِلِ الطَّقْسِ المُوَضَّعةِ حوْلَ العالَم التي تَرْصُد نَسَقَ السُّحب وتُراقِبُ جَوَّ الأرض وتُسَجِّلُ مَدى دَرجاتِ حرارته وتَتَقَصَّى مَساراتِ العواصف. وقد جَرى تَصْوير سَطْح الأرض بكامِلِه عِدَّة مرَّاتٍ بواسطة السَّواتِلِ التي تدرُسُ مَوارِدَ الأرضِ الطبيعيَّة كحِراجِها ومُحيطاتِها ومَناطِقِها الجَليديَّة. وهذه الصُّوَرُ تكشِفُ التَّغَيُّراتِ القَصيرةَ والطويلةَ الأَمَدِ في كوكَبِ الأَرض.

ويُمكِنُ استِخْدامُ السَّواتِلِ العَسْكريَّةِ لأَغراضِ التجَسُّسِ على بُلدانٍ أُخرى أو لتَوجيهِ القذائفِ الصاروخيَّة أو تُسْتَخْدَمُ هي كَسِلاحٍ بذاتِها. وتُحَدِّدُ السَّواتِلُ المِلاحيَّةُ موقِعَ أيِّ مكانٍ على الأرض بدِقَّة، وهي عَونٌ بالِغُ الأهمِّيَّة للمَلّاحين والرَّبابِنَةِ بَرًّا وبَحْرًا وجَوًّا. أمَّا السَّواتِلُ الفَلَكيَّةُ، كتلِسْكوبِ هَبِلَ الفَضَائيِّ، فتَرْصدُ الفَضاءَ وتُقَدِّمُ لنا مَشاهِدَ رائعةً للنُّجوم والمَجَرَّات.

الكثيرُ من السَّواتِلِ المُحيطةِ بالأرض تَدْرُسُ كوكَبَنا. وهي تُوَفِّرُ مَعْلوماتٍ عن حالةِ الأرضِ حاليًّا، ومَعْلوماتٍ تُنْبِئُ بحوادثَ مُستَقْبليَّةٍ فيها – إضافةً إلى مُراقبةِ التغيُّراتِ الطويلةِ الأمَدِ على سَطْحِها.



جيُولوجيٌّ يُحَدِّدُ مَوقِعَه مُسْتَخْدِمًا جهازَ استِقْبالٍ يَدَويًّا لِتَحْديدِ المَوضِعِ عالميًّا. تُرْسَلُ الإشاراتُ مُبادَلَةً بين الجِهازِ اليَدَويّ وحوالى نِصْفِ شَبكَةٍ من 24 ساتِلٍ من مُحَدِّداتِ المواقِعِ في مَدارٍ حَوْلَ الأرض. وتُسْتَخْدَمُ الإشاراتُ من هذه السَّواتِلِ لاحتِسابِ مَوقِعِ الجيُولوجيّ وبَثِّ بَياناتِه على جِهازِه اليَدَويّ.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوّيّ للأرض) ص 11 – 10
التَنبُّؤُ بأحوالِ الطَّقْس ص 42 – 43
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401
الصَّواريخُ والمكُّوكُ الفَضائيّ ص 420 – 421

الزَّمَن

مُنذُ أقدَمِ العُصورِ استَخْدَمَ البَشَرُ الفُصولَ وحَرَكَةَ الأرض ومُرورَ القَمَرِ والشَّمْسِ عَبْرَ السَّماءِ لِقِياسِ الزَّمَن.



تَسْتَغْرِقُ الدَّورةُ الكامِلَةُ لأَوجُهِ القَمَرِ 29,5 يومًا. وهذه المُدَّةُ هي أساسُ فَتْرةِ الشَّهْرِ التي يَعْتَمِدُها البَشَر.

نِظامُ التوقيتِ الذي نَسْتَخْدِمُه، أساسُه حَرَكَةُ الأرض. فالتدويمةُ الكامِلَةُ للأرض حوْلَ مِحْوَرِها تَسْتَغرِقُ يَومًا، والدَّورةُ الكامِلَةُ لها حَوْلَ الشَّمْس تَسْتَغْرِقُ سَنَةً. وبتَدويمِ الأرض، تَبْدو الشَّمْسُ كأنَّها ترتفِعُ في السَّماءِ حتَّى تَتَكَبَّدَها في أعلى نُقْطةٍ، ثُمَّ تَهبِطُ حتَّى تَخْتفي عن النَّظَر.

وتكونُ الشَّمْسُ في كَبِدِ السَّماءِ عندما يُواجِهُ مكانٌ على الأرض الشَّمْسَ مُباشَرةً. وهذا ما يَحْدُثُ يوميًّا بِفِعْلِ تَدْويمِ الأرض المُسْتَمِرّ. فتُنارُ الأرضُ بضوءِ الشَّمْس جُزْءًا من اليَوم ويكونُ نَهار؛ وتَحْتجِبُ الشَّمْسُ عن النَّظَرِ فيما تَبَقَّى من الوقت عن ذلك الجُزْءِ فيكونُ لَيل. نُقْطةُ البِدايةِ والنِّهايةِ لليَوم هي مُنْتَصفُ اللَّيْل؛ ومُنْتَصَفُ النَّهار هو الظُّهْرُ (أو وقتُ الظهيرة) – السَّاعةُ الأقرَبُ إلى الوَقْتِ الذي تَتَكَبَّدُ فيه الشَّمْسُ النُّقْطَةَ الأعلى في السَّماء.



نحنُ اليومَ لم نَعُدْ نتطَلَّعُ إلى القَمَرِ أو الشَّمْسِ في السَّماء لِتعَرُّفِ الوَقت. فاعتِمادُنا في تَعَرُّفِ الوقتِ أصبحَ على السَّاعاتِ العامَّةِ والخاصَّة.



طوَّرَتْ شُعوبُ الأَزْتِك في أمريكا الوُسْطى تَقْويمًا دَقيقًا منذُ ما يَزيدُ على 500 سنة كان يُحْفَر فيه وجهُ تِزْكَتْليُوكا، إلهِ الشَّمْس الأَزْتكيّ، في الوَسَط وتُحْفَرُ علاماتُ الأَشْهُرِ والأيّامِ حوْلَه.



◄ اليوم أساسُه الفَتْرةُ الزَّمنيَّةُ التي تستَغْرِقُها الأرضُ لِتُدَوِّمَ حوْلَ مِحْوَرِها مَرَّةً واحدة.



◄ السَّنَة هي تَقريبًا الفَتْرةُ الزَّمنِيَّةُ التي تَسْتَغْرِقُها الأرضُ لِتَدُورَ دَورةً كامِلَةً حوْلَ الشَّمْس.



◄ الشَّهْرُ القَمَرِيُّ أساسُه تَقريبًا الفَتْرةُ الزَّمنيَّةُ التي يَسْتَغرِقُها القَمَرُ لِيَدُورَ دَورةً كامِلَةً حوْلَ الأَرض.

حَرَكَتا الأرض في الفَضاء – تَدْويمًا حوْلَ مِحْوَرِها ودَورانًا حوْلَ الشَّمْس – تعطيانا اليومَ والسَّنَة. والقَمَرُ يَدُورُ حوْلَ الأرض فيما هي تَدورُ في مَسارِها حوْلَ الشَّمْس. ويَسْتَغْرِقُ القَمَرُ 27,3 يومًا لِيُكمِلَ دَوْرَةَ المَدار، وَ 29,5 يومًا لِيُكمِلَ دَوْرَةَ الأَوْجُه – التي هي أساسُ الشَّهْرِ القَمَريّ – لأنَّ الأرضَ تكونُ قد قطعَتْ مَدًى حوْلَ الشَّمْسِ يُطيل دورةَ الأَوْجُه قليلًا.

التَّقاويم (الروزْنامات)

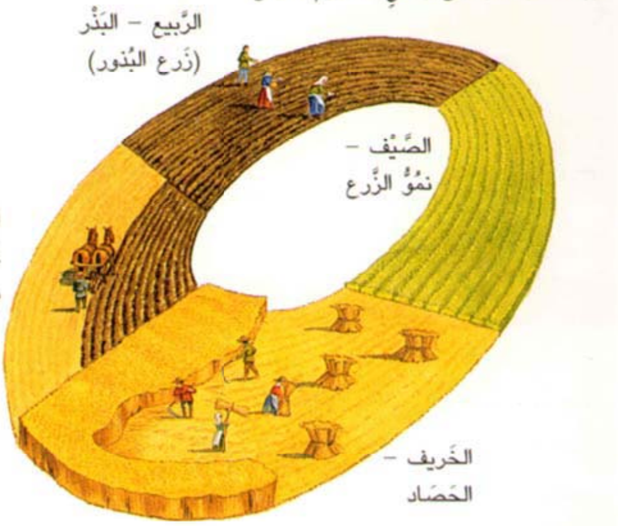
استَخْدَمَت الحضاراتُ القديمةُ حَرَكاتِ الأرض لِتَنْظيمِ حياتِها. فالبابليُّون مُنْذُ العام 2400 ق.م قَسَّموا السَّنَةَ إلى 12 قِسْمًا مُتَساوِيًا، واليومَ إلى 24 ساعةً. وهم، كما المِصْريُّون بِصُورةٍ مُسْتَقِلَّةٍ، احتَسبوا طُولَ السَّنة مُساويًا لِ 365 يومًا وَ 6 ساعات. وهذا التقديرُ قريبٌ جدًّا من الطُّولِ الحقيقيِّ – وهو 365 يومًا وَ6 ساعات وَ41 دقيقة وَ59 ثانِيَة.

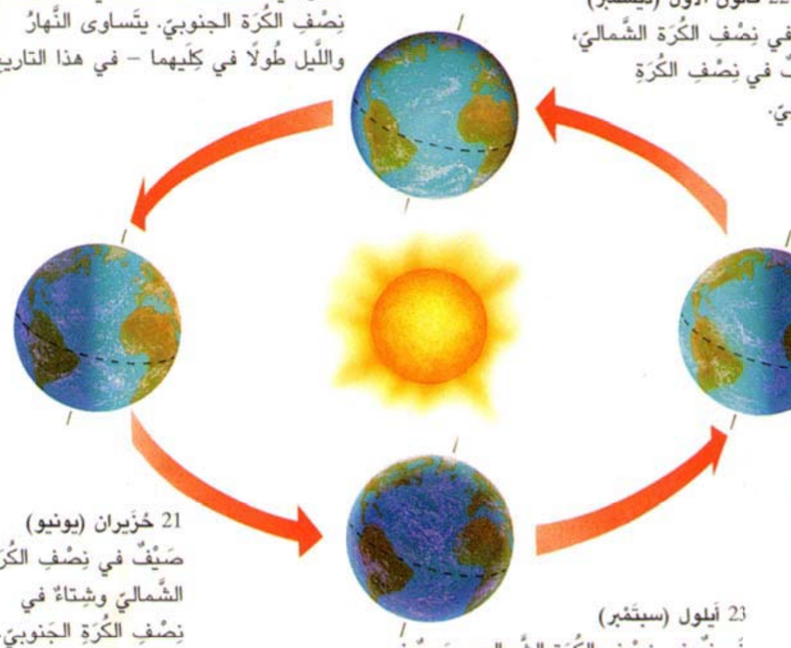
وقد انبُطَتِ التقاويمُ لِتَتَبُّعِ مَسارِ الأيَّامِ والشُّهورِ والسِّنين. فكانتِ التقاويمُ تُسْتَخْدَمُ في تَعْيينِ أيَّامِ الأعيادِ والاِحتِفالاتِ الخاصَّة، وفي مَنْهَجةِ أوقاتِ العَمَل كزَرْعِ البُذورِ وحَصادِ المَحاصيل. وقد بدأ استِخْدامُ التقويمِ اليوليانيّ الذي اعتمَده الحاكمُ الرومانيُّ يُوليوس قَيْصَر، عامَ 46 ق.م.

وبحُلولِ القَرنِ السادِسَ عَشَر تبَيَّنَ أنَّ التقويمَ اليوليانيّ لم يَعُدْ مُتَساوِقًا مع حَرَكاتِ الأرض. فاعتُمِدَ بدَلًا منه التقويمُ الغريغوريّ (باسم البابا غريغوريوس الثالثَ عَشَر) في العام 1582؛ وهو التقويمُ الذي لا نَزالُ نعْتَمِدهُ اليوم. وعندما اعتُمِدَ هذا التقويمُ في بريطانيا العُظْمى في العام 1752، أُسْقِط منه 11 يومًا، فصارَ اليومُ بَعْدَ 4 أيلول (سبتَمْبر) 15 أيلول؛ وبذلك عادَ التقويمُ إلى مَسارِه الصَّحيح. وجَديرٌ بالذِّكْرِ أنَّ أُمَمًا أُخرى طوَّرتْ تقاويمَها الخاصَّة التي لا يَزالُ بَعْضُها قَيْدَ الاستِعمالِ اليوم. فالصِّينيُّون، مثلًا، اعتَمدوا

الفُصولُ الأربعة

الرَّبيعُ والصَّيْفُ والخَريفُ والشِّتاءُ تتوالى سَنويًّا بسَبَبِ دَورانِ الأرضِ مائلةً حوْلَ الشَّمْس. فمَيَلانُ مِحْورِ الأرض يُحْدِثُ تَغَيُّراتٍ مُتَواليَةً، تزايُدًا وتناقُصًا، في طُولِ النَّهار وفي دَرجةِ الحرارة على سَطْحِ الأرض. وهذه هي التغَيُّراتُ الفَصْليَّةُ التي نُعايِشُها بسَبَبِ مَيَلانِ نِصْفَي الكُرَة الشماليِّ والجنوبيِّ للأرض تَناوُبيًّا نحو الشَّمْس ثُمَّ بَعيدًا عنها. لقد سَجَّلَ المُزارعونَ الأوائلُ هذه الفُصولَ المُتغيِّرةَ، وبذلك توصَّلوا إلى وَضعِ التَّقاويمِ الأولى.





تَقويمًا أساسُه حَرَكاتُ القَمَر تَمْتَدُّ دَورتُه 60 سنةً. لكِنَّ التقويمَ الغريغوريّ يَظَلُّ هو التَّقويمَ المُعْتَرَفَ به دَوليًّا.

الفُصول

تَميلُ الأرضُ المُدَوِّمَةُ حوْلَ مِحْورِها بزاويةِ 23,5° أثناءَ دَورانِها حوْلَ الشَّمْس، مُتَّجِهةً دَومًا نحو النُّقْطةِ نَفْسِها في الفَضاء. هذا يَعْني أنَّ القُطْبَ الشَّماليَّ يَميلُ نحوَ الشَّمْس في جُزْءٍ من المَدارِ السَّنَويّ، وبَعيدًا عنها في ما تَبَقَّى من الوَقْت. فَعِنْدَما تكونُ الأَرْضُ في مُواجَهةِ الشَّمْس، ترتفِعُ الشَّمْسُ عاليًا في كَبِدِ السَّماءِ ويكونُ الفَصْلُ صَيْفًا في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ. وبعْدَ سِتَّةِ أشهُر، عندما يَميلُ القُطْبُ الشَّماليّ؛ بَعيدًا عن الشَّمس، يكونُ الفَصْلُ شتاءً في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ وصَيْفًا في نِصْفِ الكُرَةِ الجَنوبيّ.

طُولُ النَّهار

رُغْمَ أنَّ الأيّامَ كُلَّها مُتَساويَةُ الطُّول، فإنَّ ساعاتِ ضوءِ النَّهارِ تَخْتلِفُ على مَدارِ السَّنة. وهذا صَحيحٌ في مُعظمِ أنحاءِ العالَم عدا مِنْطَقةِ خَطِّ الإستِواء، حيثُ يَبْقى طولُ النَّهار يوميًّا 12 ساعةً تقريبًا، وَالمِنْطقَتَيْنِ حوْلَ القُطْبَيْنِ الشَّماليّ والجَنوبيّ حيثُ تُشْرِقُ الشَّمْسُ سِتَّةَ أشهُرٍ وتغيبُ ستَّة. أطولُ نَهارٍ في السَّنة، ويُعرفُ بالإنقِلابِ الصَّيْفيّ، هو في 21 حُزَيران (يونيو) في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ، وفي 21 أو 22 كانون الأوَّل (ديسَمْبر) في نِصْفِ الكُرَةِ الجَنوبيّ. أمّا أقْصَرُ نَهارٍ في السَّنة، وأطْولُ لَيْلٍ ويُسَمَّى الإنقِلابَ الشَّتْويَّ، فهو في 21 أو 22 كانون الأوّل (ديسَمْبر) في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّماليّ، وفي 21 حُزَيران (يونيو) في نِصْفِ الكُرَةِ الجَنوبيّ.

وسبَبُ هذا أنَّ مِحْورَ الأرض مائل. فالناسُ في نِصْفِ الكُرَةِ المائلِ نحو الشَّمْس يُشاهدونَ الشَّمْسَ تَعْبُرُ السَّماءَ أعلى تكَبُّدًا فتَبْقى فيها فَتْرةً أطولَ بين الشُّروقِ والمَغيب. مَرَّتان سَنويًّا، في مُنْتَصفِ الفَتْرةِ بين الإنقِلابَيْنِ الصَّيْفيّ والشَّتويّ، يكونُ الإعتدالان الخَريفيّ والرَّبيعيُّ في حوالَى 23 أيلول (سبتَمْبر) و21 آذار (مارس) حيثُ يَتَساوى عددُ ساعاتِ النَّهارِ وساعاتِ اللَّيْلِ في مُعظَم أنحاءِ العالَم.

أمّا الناسُ الذين يَعيشون في المِنْطقَتَيْنِ القُطْبِيَّتَيْنِ الشَّماليَّةِ والجَنوبيَّة فيُشاهدون الشَّمْسَ في الأُفُقِ على مَدَى سِتَّةِ أشهُرٍ تَعْقبُها سِتَّةُ أشهُرٍ من الظُّلْمة. في الأشهُرِ النَّيِّرة تَطوفُ الشَّمْسُ حوْلَ السَّماءِ يوميًّا، فتَبْلُغُ أعلى نُقْطةٍ عندَ مُنْتَصفِ النَّهار (عندَ الظُّهر) وأخفضَ نُقْطةٍ عندَ مُنْتَصفِ اللَّيْل. ويَحْدُثُ هذا لأنَّه في الصَّيْفِ الشَّماليّ مثلًا، يَميلُ القُطْبُ الشَّماليُّ نحو الشَّمْسِ المُرتفِعَةِ عاليًا في السَّماء فلا تُشْرِقُ ولا تَغيب.





الزَّمَنُ يَسري قدُمًا، ولا يَتراجَع خَلْفًا. لكِن يُمكِنُنا التطَلُّعُ رُجوعًا عَبْرَ الزَّمَن بالنَّظَر في الكَوْن. فالضَّوءُ من هذه المَجَرَّةِ اللَّولبيَّة يَسْتَغْرِقُ وقتًا طويلًا جدًّا لِيَصِلَ إلينا، فنَرى مَصْدَرَه حاليًّا كما كان مُنْذُ حوالَى 50 مليون سَنة.

الطُّيورُ والحيواناتُ المُهاجِرَةُ مع الفُصُول، تَعْرِفُ غَريزيًّا مَوعِدَ الإنتِقالِ من موقعٍ إلى آخر. هذه الوَزّاتُ تَطيرُ جَنوبًا لِلتَّشْتِيَةِ بعْدَ أن قضَتِ الصَّيْفَ في الشَّمال.

أُنْظُر أيضًا

دَورانُ الأرض ص 3
الهِجْرَة ص 93
المَكانُ والزَّمانُ والنِّسْبيَّة ص 430 – 431

قِياسُ الوَقْت والتَّوقيت

حَرَكةُ الأَرضِ والقَمَرِ حوْلَ الشَّمْس ظَلَّتْ دومًا أَساسًا لِقياسِ الوَقتِ والتَّوقيت. ولَقَدِ اخترَعَ الإنسانُ وسائلَ مُتزايدةَ الدِّقَّةِ لِقياسِ الوَقْت.





في القُرونِ الوُسْطَى، كانتِ السَّاعاتُ الشَّمْعيَّةُ تَقيسُ وَحَداتٍ زَمَنيَّةً مُتَساوِيَةً بِمَدى انصِهارِ الشَّمْعِ باللَّهَب.



استُخْدِمَتْ في مِصْرَ القديمةِ ساعاتٌ مائيَّةٌ. فكانت كمِّيَّةُ الماءِ المُتقطِّرِ من طاسٍ لآخر مِقياسًا للوَقْتِ المُنْقَضي.



استُخْدِمت المَزاوِلُ (ج. مِزْوَلَة) على مَدى القُرونِ كَساعاتٍ شَمْسيَّةٍ لِتَعْيين الوقتِ بِمُتابَعة ظِلِّ الشَّاخِصِ المُثَبَّت عليها خِلالَ النَّهار.



السَّاعاتُ الرَّمْليَّةُ، التي راجَتْ في القُرونِ الوُسْطَى، كانت تُسْتَخْدَمُ لِقياسِ الفَتَراتِ القَصيرةِ من الوَقْت.

طَوَّرَتِ الحَضاراتُ القديمةُ التَّقاويمَ لِاحتِسابِ مُرورِ الأجزاءِ الكبيرةِ من الزَّمَنِ، كالأيَّامِ والشُّهورِ والسِّنين. أمَّا أجزاءُ الوقتِ الصُّغْرى، كالسَّاعاتِ والدَّقائقِ، فكانَتْ تُقاسُ بواسطةِ أدواتِ قِياسٍ أدَقَّ. وهُم كانوا إمَّا يَسْتَخدمون الشَّمْسَ مُباشَرةً لِتبَيُّنِ الوَقْتِ أو يَقيسونَ مُضِيَّ فَتْرةٍ من الزَّمَنِ مُحَدَّدةٍ بأدواتٍ خاصَّة.

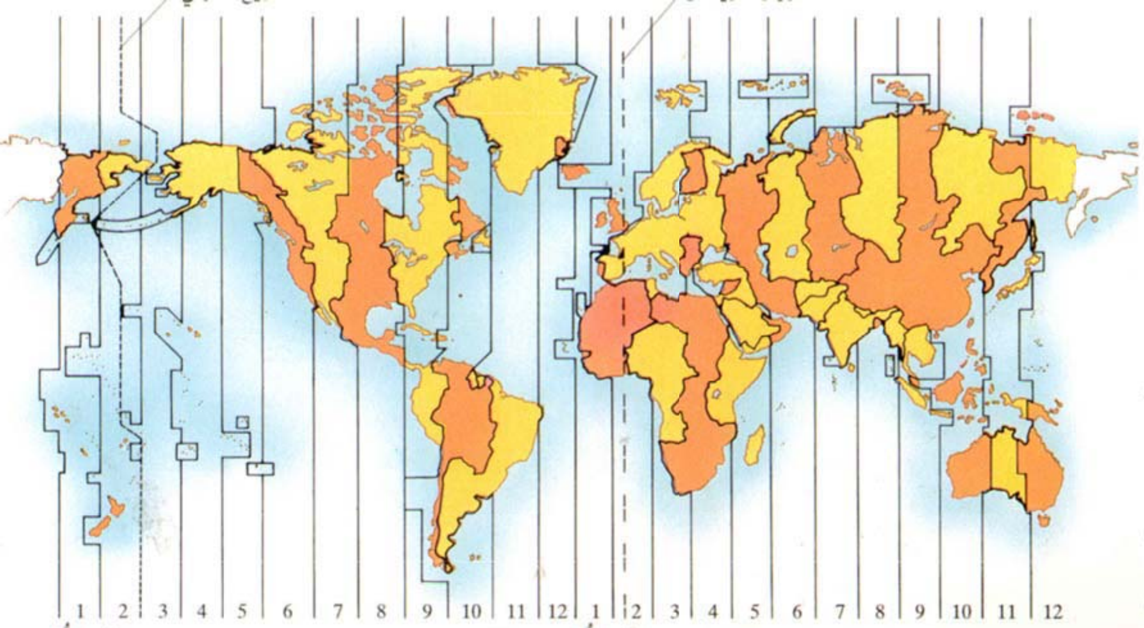
ومن أقدم أدواتِ قِياسِ الوقتِ ما استَخْدَمَه المِصريُّون القُدَماء. فقد استَخْدموا، خِلالَ النَّهار، نَمَطًا بَسيطًا من المَزاوِل يُسَمَّى ساعَةَ الظِّلِّ كانت تُصْنَعُ من قَضيبَيْنِ خَشَبيَّيْن، يُلْقي أحدُهُما بظِلِّه على آخَرَ مُدَرَّجٍ بِمِقياسٍ يُشير إلى السَّاعةِ حينئذٍ. وكانوا لَيْلًا يُراقِبون مواقِعَ النُّجوم في السَّماء. كما استَخْدموا أيضًا السَّاعاتِ المائيَّةَ، التي تعمَلُ بتَقَطُّرِ الماءِ من وِعاءٍ إلى آخَرَ أخْفَضَ منه. وكانَ داخِلُ الوِعاءِ الخَفيضِ مُدَرَّجًا بِمِقياسٍ يُشيرُ إلى مُرورِ السَّاعاتِ التي تَقطُرُ الماءُ فيها.

وقد استُخْدِمتِ المَزاوِلُ والسَّاعاتُ المائيَّةُ تاليًا في اليُونانِ ورُوما وأخيرًا في أوروبا. وهاتان الوَسيلتان لِضَبْطِ الوَقْتِ كانتا وَسيلتَيْنِ من ثلاثٍ فقط استُخْدِمَتْ حتّى أوائلِ القُرونِ الوُسْطَى. أمَّا الوَسيلةُ الثالِثةُ فكانت الساعةَ الرَّمْليَّةَ التي تَقيسُ مُضِيَّ الوقتِ بانسِيابِ الرَّمْلِ بين بُصَيلتَيْنِ زُجاجِيَّتَيْن من العُلْيا إلى السُّفْلى عَبْرَ أُنبوبٍ دقيق.

قِياسُ الوَقْتِ ميكانيكيًّا

صُنِعَت السَّاعاتُ الميكانيكيَّةُ الأُولَى خِلالَ أواخِرِ القَرْنِ الثالِثَ عَشَر. وهي كانتْ ساعاتٍ للعُموم توضَعُ في المَعابِدِ أو أماكِنَ عامَّةٍ أُخرى حيثُ يَراها كثيرٌ مِنَ الناس. وهي كانت تُدارُ بإحدى طريقَتَيْن: إمَّا بِبَرْمِ نابِضٍ أو بتَعْليقِ ثِقْلٍ بَكَرِيٍّ خاصّ. وتَقُومُ مُسَنَّناتٌ بإدارةِ عقارِبِ السَّاعاتِ والدَّقائقِ والثواني فوقَ وَجْهِ السَّاعةِ مُبيِّنةً الوَقْت.

أمَّا السَّاعاتُ المَنْزِليَّةُ الصَّغيرةُ وساعاتُ الجَيْبِ أو اليَدِ الأُولى فقد طُوِّرَتْ في القَرْنِ السادِسَ عَشَر. وفي بِداياتِ القَرْنِ العِشْرين، أتاحَتْ ساعاتُ اليَد المُصَنَّعةُ آليًّا والرَّخيصةُ الثَّمَن قِياسَ الوَقْت لِجميعِ الناس.



◄ العالَمُ مُقَسَّمٌ إلى 24 نِطاقًا تَوْقيتيًّا، تبدأُ في خَطِّ الزَّوالِ الصِّفْريِّ المارِّ بغْرينتْش، قُرْبَ لَندن، في المَمْلكة المتَّحدة. وفي كُلِّ نِطاقٍ غَرْبيِّ هذا الخطِّ يكُونُ الوَقْتُ مُتأخِّرًا ساعةً عن تَوْقيت غرينتْش، وفي كُلِّ نِطاقٍ شرقيِّهِ يكُونُ الوَقْتُ مُتَقَدِّمًا ساعةً عن تَوْقيت غرينتْش.



التوقيتُ المَضبوطُ ضَروريٌّ في كُلِّ مَجالاتِ حياتِنا. وغالبًا ما يكونُ ضَبْطُ الوَقْتِ بدِقَّةٍ فائقةٍ ضَروريًّا في الأنْشطةِ العمليَّةِ والاجتماعيَّةِ والترفيهيَّةِ المُختلِفة. في مَيدانِ الألعابِ الرِّياضيَّةِ هذا يُعرضُ الوقتُ بشكْلٍ بارزٍ على سَطْحٍ مُوَقَّتةٍ إلكترونيَّة. ففي مِثْلِ هذه المُسابقاتِ الرِّياضيَّةِ غالبًا ما يُحَدَّدُ الفائزُ بفارقِ أجزاءٍ من الثانِيَة.

التَّوقيتُ الدَّوليّ

بِسَبَبِ تَدْويمِ الأرض، تُواجِهُ الشَّمْسَ أماكِنُ مُخْتَلِفةٌ في أوقاتٍ مُختلِفةٍ من النَّهار. فعندما يكونُ ظُهْرًا في لَندن، بالمملكة المتَّحدة، يكُونُ فَجْرٌ في نيُويورك، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة، ويكُونُ الوَقْتُ ليلًا في أديلِيد، بأُستراليا. فلو كان الناسُ يقيسون الوقتَ مُباشَرةً من موقِعِ الشَّمْس في مَناطِقِهم، لَضُبِطَتِ السَّاعاتُ بآلافِ التوقيتاتِ المُختلِفةِ في مُختلفِ أرجاءِ العالَم. ولكانَتْ تَدِبُّ الفَوضى نَتيجةً لِذٰلك – إذْ سيَكونُ من المُستحيل، مثلًا، تَسْييرُ القِطاراتِ حسَبَ جَدْولٍ زَمَنيٍّ مُحَدَّد.

في العام 1880، اعتَمدَتْ إنكلترا تَوقيتَ المَرْصَدِ الملَكيّ في غرينتش كتوقيتٍ قياسيّ يُعْرَفُ حاليًّا بتوقيت غرينتش المُتوسِّط (أو التوقيت العالميّ). وبحُلولِ العام 1884، اعتُمِدَ توقيتُ غرينتش المُتوسِّط أساسًا للتَّوقيتِ القياسيِّ في كافَّةِ أنحاءِ العالَم. فانتُبِطَ نِظامٌ، من 24 نِطاقَ تَوْقيتٍ، مَرْكزُه خَطُّ زَوال غرينتش (أو خَطّ الطُّول الصِّفْريّ) سُرعانَ ما لاقَى قَبُولًا عَبْرَ العالَم. فَنُطقُ التَّوقيت شَرقيَّ هذا الخطِّ تكُونُ مُتَقَدِّمةً تَزايُديًّا عن غرينتْش، وتلكَ إلى غَربيِّه تكُونُ مُتخَلِّفةً تَزايُديًّا عَنه أيضًا. فمَدينةُ طوكيو، في اليابان، مُتَقَدِّمةٌ تِسْعَ سَاعاتٍ عن توقيت غرينتْش المُتوَسِّط وَ7 ساعاتٍ عن توقيت القاهرة بحيثُ عندما يكُونُ الوقتُ 2,00 ق.ظ. في غرينتْش يكُونُ الوقتُ في طوكيو 11,00 ق.ظ. وَ 4 ق.ظ. في القاهرة. وعلى جانبِ العالَمِ المُقابِلِ لِغرينتْش، في المُحيطِ الهادي، يُوجَدُ خَطُّ التاريخِ الدَّوليُّ، حيثُ يَنْتهي يومٌ ويَبْدأُ اليومُ التالي.

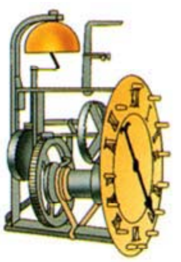
قِياسُ الوَقْت بدِقَّة

القِياسُ الدَّقيقُ للوَقْت كان ذا أهمِّيَّة دومًا. في القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، كان الفَلكيُّون يُحَدِّدون الوقتَ الدَّقيق برَصْدِ الشَّمْسِ والنُّجوم. وكان المَلَّاحون يَرْغبون في نَقْل ذلك التوقيت الدقيق إلى البَحْر بساعاتٍ خاصَّةٍ تُمَكِّنُها من احتِساب خُطوطِ الطُّول. وقد طوَّرَ صانِعُ السَّاعات جُون هاريسُون الكرونُومِتْر البَحْريَّ لهٰذا الغَرَض. ولا يَزالُ تحديدُ الوقتِ المَضْبوطِ بدِقَّة مُهمًّا للمَلَّاحين، كما هو حيويٌّ في مَجالاتٍ عديدةٍ أُخرى في الحياةِ اليَوميَّة.

السَّاعاتُ الأكثَرُ دِقَّةً هي السَّاعاتُ الذَّرِّيَّة. وهي، في الواقِع، تَضْبِطُ الوَقْت بدِقَّةٍ تَفوقُ دِقَّةَ الأرض في تَدويمها. ويَعتمِدُ التوقيتُ الذي يَسْتَخْدِمُه كُلُّ الناسِ اليومَ، على مُعَدَّلِ سُرْعاتِ عددٍ من السَّاعاتِ الذَّرِّيَّة حوْلَ العالَم. هذه السَّاعاتُ تعملُ بِعَدِّ ذَبْذباتِ الضَّوءِ المُنْبَعِث من ذرَّاتٍ مُعَيَّنة والأحدثُ بينها هي ساعةٌ ذَرِّيَّةٌ تَسْتَخْدِمُ ذَرَّاتِ السِّيزْيُوم؛ وهي مَضْبوطةٌ بحُدودِ ثانيةٍ واحدة في 15 مِليون سَنة.



السَّاعاتُ الأكثَرُ دِقَّةً هي السَّاعاتُ الذَّرِّيَّةُ العامِلَةُ بأشِعَّةِ السِّيزيوم. هنا، عالِمٌ يَسْتَخْدِمُ كاشِفًا بالأشِعَّةِ دُونَ الحمراء لِيُشاهِدَ حُزْمَةَ الأشِعَّةِ اللَّيْزريَّة لِساعةٍ ذَرِّيَّة. وتُسْتَخْدَمُ في السَّاعةِ عِدَّةُ لَيازر لِقِياسِ ذَبْذَبة ذَرَّةٍ فيها. دِقَّةُ هذه السَّاعة الخاصَّة مَضْبوطةٌ بِحُدودِ جُزْءٍ من بليون من الثانِيَة يَوميًّا – أي ثانية واحدة كُلَّ ثلاثة ملايين سَنَة.



السَّاعاتُ الميكانيكيَّةُ القَديمةُ، كهٰذه السَّاعة من القَرْنِ الخامِسَ عَشَر، في أحد الأدْيرة الإيطاليَّة، كانت تَدُقُّ السَّاعاتِ وتُبيِّنُها على مَدَالة.



طُوِّرَتِ الكرونُومِتْرات في القَرْنِ الثامِنَ عَشَر لأغراضِ المِلاحةِ البَحْريَّة. وكانَ عِمادُ حَرَكتِها ارتخاءَ نابضٍ لَولبيٍّ مَشْدودٍ يَنْحَلُّ بِبُطْء.



أصبحَتْ ساعةُ اليَد وَسيلةً رائجةً لِتعَرُّفِ الوَقْت في القَرْنِ العِشْرين. وهي أصلًا كانت تُزَوَّدُ بالقُدْرة من نابضٍ دقيقٍ صَغير يُعادُ شَدُّه دَوريًّا. أمَّا سَاعاتُ الكوارتْز الحديثةُ فتَقيسُ الوقتَ بتَسْجيلِ ذَبْذَباتِ بِلَّورةٍ من الكوارتْز. وهي مُتاحَةٌ بأنماطٍ عَديدةٍ تُلائم الجَميعَ – رُوَّادَ فَضَاءٍ أو غَطَّاسي أعماقٍ بَحْريَّةٍ أو تلاميذَ مدارسَ أو كعُنْصرِ زينَةٍ يُساوِقُ زِيًّا مُعَيَّنًا.

أُنْظُر أيضًا

دَورانُ الأرض ص 3
الأرضُ والقَمَر ص 400 – 401
الزَّمَن ص 426 – 427

المَكانُ والزَّمانُ والنِّسْبيَّة

مَفاهيمُ المَكانِ والزَّمانِ والجاذبيَّةِ مُتواشِجَةٌ معًا. فالجاذبيَّةُ تُؤثِّرُ في كُلِّ شيءٍ في الكَوْن – حتّى إنَّ جاذبيَّةَ الثَّقْبِ الأَسْودِ هي من القُوَّةِ بحَيْثُ يُمكِنُها تَغْييرُ سُرْعةِ الزَّمَن.



نشَرَ العالِمُ ألبِرْتُ أيْنشتَيْن (1879 – 1955) نَظريَّتَه في النِّسْبيَّةِ العامَّةِ المُتعلِّقةِ بالجاذبيَّة عام 1915. وقد أدَّت أعمالُه ونَظَريّاتُه إلى أفكارٍ ومَفاهيمَ كونيَّةٍ كالثُّقوبِ السَّوداءِ والانفجارِ العَظيم.

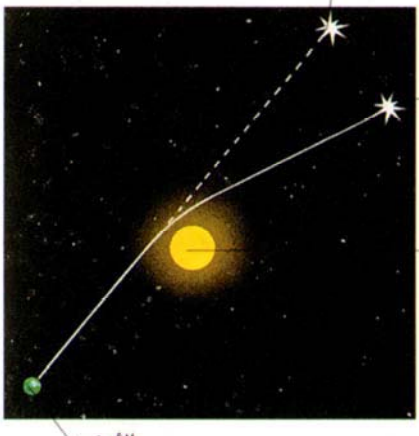
إهتِمامُ العُلَماءِ اليومَ، كما في الماضي، مُنْصَبٌّ على تَفَهُّمِ أسرارِ الكَوْن. وكُلَّما اكتشَفْنا مَزيدًا من هذه الأَسرار فإنَّ مفاهيمَنا وأفكارَنا الجديدةَ تَتحَسَّنُ أو حتّى قد تَحُلُّ مَحَلَّ مَفاهيمِنا القَديمة. وقد حَدَثَ هذا فِعلًا في السَّنواتِ الأُولى من القَرْنِ العِشْرين – حيثُ جَرى تحسينٌ على نَظريَّةِ إسحٰق نيوتُن في الجاذبيَّة وحَلَّ محلَّها جُزْئيًّا، نَظريَّةٌ جديدة. ففي العام 1915، نَشَرَ العالِمُ الألمانيُّ المَوْلد، ألبِرْت أيْنشتَيْن، نَظريَّةَ النِّسْبيَّةِ العامَّةِ التي تَرْبُطُ بين الفَضاءِ والجاذبيَّة.

في نَظريَّةِ أيْنشتَيْن أنَّ جاذبيَّةَ الجِسْمِ تُشَوِّهُ الفَضاء. إنَّ هذا المَفْهومَ عَسيرٌ على التَصوُّر، لكِنْ إبدأْ بتَصوُّرِ صَفْحةٍ مَطّاطيَّةٍ رقيقةٍ مُنْبَسِطة. إنَّكَ إذا وضعتَ على الصَّفْحةِ جسمًا، مِثلَ كُرَيَّةٍ مَعدنيَّة، فسَيُحدِثُ هٰذا نُقْرَةً غَوريَّةً فيها. تَصَوَّرِ الآنَ أنَّ الكُرَيَّةَ هي نَجْمٌ عظيمُ الكُتْلة، والصَّفحةَ المطّاطيَّةَ فَضاءٌ فَسيح. إنَّ النَّجْمَ سيُحدِثُ نُقْرةً غوريَّةً في الفَضاءِ القريبِ منه، كما تُحدِثُ أجرامٌ ضَخْمةٌ مَثيلةٌ أُخرى، في الفَضاءِ القريبِ منها، نُقَرًا أو آبارَ جاذبيَّةٍ في الفَضاءِ القريبِ منها.

وقد اختبرَ الفَلكيُّونَ هذه النَّظريَّةَ عامَ 1919، أثناءَ كُسوفٍ كُلِّيٍّ للشَّمْس أمكنَ خِلالَهُ رُؤيةُ ضوءٍ وارِدٍ من نَجْمٍ أبعَدَ من الشَّمْسِ بكثير. لقد مَرَّ ضوءُ النَّجْمِ قَريبًا من الشَّمْسِ في طَريقِه إلى الأرض فانْحَنَى بمِقْدارٍ احتُسِبَ سَلَفًا عند اجتيازِه الشَّمس، مُبَرْهِنًا بذلك أنَّ الجاذبيَّةَ تَحْني الفَضاء.



الثَّقْبُ الأَسْودُ هو بَقايا انفِجارِ نَجْمٍ عِمْلاق. والقَلْبُ الباقي من هذا النَّجْمِ بعْدَ الانفِجار يُخَلِّقُ مَجالَ جاذبيَّةٍ هو من القُوَّةِ بحيثُ يَجْذِبُ إلى داخلِه أيَّ جِسْمٍ يَقْتربُ منه بما فيه الكِفاية.



جاذِبيَّةُ الشَّمْسِ تَحْني الفَضاءَ القَريبَ منها. فعندما يَجْتازُ الضَّوءُ الواردُ من نَجْمٍ ناءِ الشَّمْسَ في طريقِه إلى الأرض فإنَّه يَنْحني أيضًا. لذا يُشاهِدُ الفَلَكيُّون النَّجْمَ بَعيدًا عن موقعِه الحَقيقيِّ (المُبَيَّن بالخَطِّ المُتَواصِل).

الثُّقوبُ السَّوداء

إنَّ جِسمًا كثَقْبٍ أَسْودَ يُحدِثُ أكثرَ من نُقْرةٍ غوريَّةٍ في الفَضاءِ حولَه. الثَّقْبُ الأسودُ هو بَقايا نَجْمٍ عظيمِ الكُتْلة تَقَوَّضَ وتَقبَّضَ في نِهايةِ حياتِه. لقد ضُغِطَ النَّجْمُ الأصليُّ بشِدَّةٍ فائقةٍ فغَدَتْ جاذِبيَّتُه الآنَ من القُوَّةِ بحيثُ كَوَّنَتْ بِئرَ جاذِبيَّةٍ عميقةً حادَّةَ الجوانب لا يَستطيعُ الضَّوءُ الإفلاتَ منها، لذا فهي سَوداءُ. الواقِعُ أنَّ لا شيءَ يمكِنُه الإفلاتُ من هذه البئر، لذا نَعْتَبِرُها ثَقْبًا مُنْقَطِعًا عن بَقيَّةِ الفَضَاء. إنَّ جاذبيَّةَ الثَّقْبِ لا تُشَوِّهُ الفَضاءَ حوْلَه فحَسْبُ بَلْ الزَّمَنُ أيضًا – إذ يَضطربُ انسِيابُ الزَّمَنِ ساريًا أبْطأَ فأبْطأَ على مَقْرُبَةٍ منه.

أَحداثٌ مَعْلميَّةٌ في تاريخِ استِكْشافِ الفَضَاء



مَنْظومةُ كوكباتٍ تُساعِدُ النَّاسَ في تَعرُّفِ السَّماءِ ليلًا.

2000 ق. م.



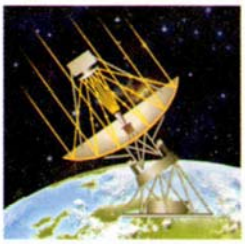
تحَقَّقَت الاكتِشافاتُ الأُولى بواسطةِ التِلِسْكوب (المِقراب) المُخْتَرَعِ حديثًا.

1609 – 1610 م



بُرْهِنَ أنَّ مَجرَّتَنا ليْسَت الوَحيدةَ، وأنَّ هنالك الملايينَ منها في الكَوْن.

1924



بَدأَ الفَلَكيُّون يَسْتَخْدِمون تِلِسْكوباتٍ راديويَّةً، ثُمَّ لاحِقًا تِلِسْكوباتٍ بالأشِعَّةِ السِّينيَّة والأشِعَّةِ دُونَ الحمراء.

1930 – 1949



بدايةُ عَصْرِ الفَضاء بإطلاقِ سْبوتْنِك – أوَّلِ ساتلٍ فَضَائيّ اصطِناعيّ.

1957



رائدُ الفَضَاءِ السُّوفْياتيّ يُوري غاغارين يُصْبِحُ أوَّلَ شَخْصٍ يَجوبُ الفَضَاءَ في 12 نيسان (إبريل) عام 1961.

1961

ثُقْبٌ دُوديٌّ عَبْرَ المَكانِ والزَّمان

الثُّقْبُ الدُّوديُّ نَفَقٌ نَظَريٌّ يُوَفِّرُ طريقًا مُخْتَصرًا إلى مَكانٍ ناءٍ في الفَضَاء. هٰذه النظريَّةُ مَبْنِيَّةٌ على مَفْهومنا الحاليّ للمَكانِ والزَّمانِ والجاذبيَّة. فلِلثُّقْبِ الدُّوديّ فُوَّهتان، واحدةٌ على كِلا طرَفَي النَّفَق؛ بحيثُ يُمكِنُ استِخْدامُ أيِّهما كمدخَلٍ أو مخْرَج. أحدُ الطرَفَيْن هو نُقْطةُ انطِلاقِ الرِّحلة، والآخَرُ مَقْصِدُها. وإذْ يُمكِنُ حَنْيُ الفَضَاء، فإنَّ المَقصِدَ النائي يُمكِنُ جَعْلُه أقرَبَ بكثير. فالسَّفَرُ عَبْرَ الثُّقْبِ الدُّوديّ سيَكُونُ أسرَعَ بكثيرٍ من اتِّخاذِ المَسْلَكِ الطويل عَبْرَ الفَضَاء.



الارتِحالُ عَبْرَ الزَّمَن

جميعُ الأَجسام، بما فيها الفَضَاءُ، ذاتُ أَبْعادٍ ثلاثة: الطُّولُ والعَرْضُ والارتفاع. ويَرتئي العُلماءُ أنَّ للأَجْسام أيضًا بُعْدًا رابعًا هو الزَّمَن. وأنَّا نَعْبُرُ يوميًّا الأبعادَ الأربعةَ المُسَمَّاةَ الزَّمَكانيَّة. إنَّ باستِطاعتنا التحرُّكَ عَبْرَ الفَضَاءِ في جميعِ الاتِّجاهات، إلى أعلى وإلى أسفلَ، ومن جانبٍ لآخَرَ، وأمامًا وخَلْفًا. لكنَّنا، عَبْرَ الزَّمَن، نَسْتطيعُ السَّيْرَ أمامًا فقَطْ.

وقد خَطَر لبَعْض العُلماءِ مَرَّةً أنَّ الثُّقوبَ السَّوداءَ يُمكِنُ أنْ تُوَفِّرَ سَبيلًا للسَّفَر إلى أماكِنَ نائيةٍ جِدًّا بسُرعةٍ فائقةٍ – رُبَّما إلى جُزْءٍ آخرَ من كَوْننا، أو حتّى إلى كَوْنٍ مُختلِف. وهم يَعْلمون الآنَ أنَّ ذلك أمرٌ مُسْتَحيلٌ. لكنَّ ثُقْبًا دُوديًّا شَبيهًا بثَقْبٍ أسْودَ يُمكِنُ التحَكُّمُ فيه – قد يُتيحُ فُرْصةً لِسَفَرٍ فائقِ السُّرْعةِ يَتَفَوَّقُ على الزَّمَن. فأيُّ شَيءٍ يَرْتَحِلُ عَبْرَ ثُقْبٍ دُوديٍّ تكونُ سُرْعتُه أسرَعَ من الضَّوء. وتقولُ نَظريَّةُ النسبيَّة لأَيْنشتَيْن إنَّ أيَّ شيءٍ يَسْري بسُرْعةٍ تفوقُ سُرْعةَ الضَّوءِ سيَتحَرَّكُ رُجوعًا عَبْرَ الزَّمَن. لكنَّ الثُّقوبَ الدُّوديَّةَ ما هي إلَّا نَظَريَّةٌ، ولا يُمكِنُ تَحْقيقُها – لذا سيَبْقى موضوعُ الارتِحالِ عَبْرَ الزَّمَن من المَواضيع التي تَتَناولُها قِصَصُ الخَيال العِلْميّ.



◄ السيَّارةُ المُرْتَحِلةُ عَبْرَ الزَّمَن في فيلم «الرُّجوع إلى المُسْتَقْبل» (Back to the Future) تَنْقُلُ سائقَها من الحاضِر إلى المُسْتَقْبَل أو إلى الماضي.

أُنْظُر أيضًا

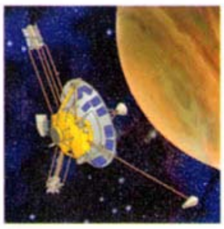
سُرْعةُ الضَّوء ص 284
النِّسْبيَّةُ والجاذِبيَّة ص 298 – 299



1969 – رُوَّادٌ يَمْشون على سَطْح القَمَر. وهم، للمَرَّةِ الأُولى، يَسْتَكْشِفون عالَمًا غيرَ الأرض.



1976 – عَرَبةٌ فَضَائيَّةٌ رُوبُوتيَّةٌ تَسْتَكْشِفُ كواكِبَ أُخرى؛ وسابرا ڤايكنغ يَتَقَصّيان تواجُدَ أشكالٍ حياتيَّةٍ على سَطحِ المِرّيخ.



1980 – 1989 – الكواكِبُ العِمْلاقةُ الخارجيَّةُ يَجْري استِقصاؤها بواسطةِ سابِرَي ڤوياجير الفَضَائيَّيْن.



1980 – 1998 – تِلِسْكوباتٌ في مَداراتٍ حوْلَ الأرض تُحَقِّقُ اكتِشافاتٍ عديدةً وترصُد مناطقَ أبعَدَ في الفَضَاء.



1999 – المَكُّوكُ الفَضَائيُّ يَنْقُلُ قِطَعًا لِبناءِ المَحطَّةِ الفَضَائيَّةِ الدوليَّة في مَدارٍ حوْلَ الأرض.



2000 – أكبَرُ وأقوى تلِسْكوبٍ في العالَم – سمُّوه التلِسْكوبَ الكبير جِدًّا، وهو يُقامُ في التشيلي.

حَقائقُ وأَرقام

المَنْظومةُ الشَّمْسيَّة

الشَّمْس
القُطْرُ الإستِوائيّ: 000 1400 كم
الفَتْرة التدويميَّة الاستوائيَّة: 27 يومًا
الكُتلة (الأرض = 1): 000 330
مُعَدَّلُ درجة الحرارة السَّطحيَّة: 5500°س

كوكَبُ عُطارِد
نِصْفُ القُطْر الاستِوائيّ (الأرض = 1): 0,38
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 0,39
الفَتْرةُ التدويميَّة: 58,7 يومًا
الفَتْرةُ المَداريَّة: 87,9 يومًا (0,24 سَنة)
الكُتلة (الأرض = 1): 0,06
درجةُ الحرارة السَّطحيَّة: – 180°س إلى 430°س
الأقمار: صِفْر
الجاذبيَّةُ السَّطحيَّة (الأرض = 1): 0,38

كوكَبُ الزُّهَرَة
نِصْفُ القُطْر الاستِوائيّ (الأرض = 1): 0,95
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 0,72
الفَتْرةُ التدويميَّة: 243 يومًا
الفَتْرةُ المَداريَّة: 224,7 يومًا (0,62 سَنة)
الكُتلة (الأرض = 1) 0,82
مُعَدَّل درجة الحرارة السَّطحيَّة: 460°س
الأقمار: صِفْر
الجاذبيَّة السَّطحيَّة (الأرض = 1): 0,90

كوكَبُ الأرض
نِصفُ القُطْر الاستوائيّ: 6378 كم
مُتَوَسِّطُ البُعْد عن الشَّمْس: 000 600 149 كم
الفَتْرةُ التدويميَّة: 23,93 ساعة
الفَتْرةُ المَداريَّة: 365,26 يومًا
الكُتلة: 5,975 × 10^{21} طُن
مُعَدَّل درجة الحرارة السطحيَّة: 15°س
الأقمار: 1
الجاذبيَّة السَّطحيَّة: 9,8 م/ث²

كوكَبُ المِرِّيخ
نِصْفُ القُطْر الاستوائيّ (الأرض = 1): 0,53
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 1,52
الفَتْرة التدويميَّة: 24,6 ساعة
الفَتْرةُ المَداريَّة: 686,9 يومًا (1,88 سَنة)
الكُتْلة (الأرض = 1): 0,11
درجةُ الحرارة السَّطحيَّة: – 87°س إلى 17°س
الأقمار: 2
الجاذبيَّة السَّطحيَّة (الأرض = 1): 0,38

كوكَبُ المُشْتَري
نِصْفُ القُطْر الاستِوائيّ (الأرض = 1): 11,2
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 5,2
الفَتْرةُ التدويميَّة: 9,9 ساعة
الفَتْرةُ المَداريَّة: 11,9 سَنة
الكُتلة (الأرض = 1): 318
درجة حرارة السُّحُب العُلْيا: –125°س
الأقمار: 16
الجاذبيَّة عندَ قِمَم السُّحُب (الأرض = 1): 2,34

كوكَبُ زُحَل
نِصْفُ القُطْر الاستِوائيّ (الأرض = 1): 9,42
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 9,54
الفَتْرةُ التدويميَّة: 10,6 ساعة
الفَتْرةُ المَداريَّة: 29,5 سَنة
الكُتْلة (الأرض = 1): 95
مُعدَّل درجة حرارة السُّحُب العُلْيا: – 140°س
الأقمار: 18 على الأقَلّ
الجاذبيَّة عندَ قِمَم السُّحُب (الأرض = 1): 0,93

كوكَبُ أورانُوس
نِصْفُ القُطْر الاستوائيّ (الأرض = 1): 4,01
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 19,2
الفَتْرةُ التدويميَّة: 17,2 ساعة
الفَتْرةُ المَداريَّة: 84,0 سَنة
الكُتْلة (الأرض = 1): 14,5
مُعدَّل درجة حرارة السُّحُب العُلْيا: –200°س
الاقمار: 18 على الأقَلّ
الجاذبيَّة عندَ قِمَم السُّحُب (الأرض = 1): 0,90

كوكَبُ نِبْتون
نِصْفُ القُطْر الاستوائيّ (الأرض = 1): 3,88
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 30,1
الفَتْرةُ التدويميَّة: 16,1 يومًا
الفَتْرةُ المَداريَّة: 164,8 سَنة
الكُتْلة (الأرض = 1): 17,2
مُعدَّل درجة حرارة السُّحُب العُلْيا: – 200°س
الأقمار: 8
الجاذبيَّة عند قِمَم السُّحُب (الأرض = 1): 1,13

كوكَبُ بْلوتو
نِصْفُ القُطْر (الأرض = 1): حوالَى 0,18
البُعْدُ عن الشَّمْس (الأرض = 1): 29,4
الفَتْرةُ التدويميَّة: 6,4 أيّام
الفَتْرةُ المَداريَّة: 247,7 سَنة
الكُتْلة (الأرض = 1): حوالَى 0,002
مُعدَّل درجة الحرارة السَّطحيَّة: – 220°س
الأقمار: 1
الجاذبيَّة السَّطحيَّة (الأرض = 1): حوالَى 0,07

قَمَرُ الأرض
نِصْفُ القُطْر الاستوائيّ: 1738 كم
مُعدَّل البُعْد عن الأرض: 400 384 يومًا
الفترةُ التدويميَّة: 27,3 يومًا
الفَتْرةُ المَداريَّة (حوْلَ الأرض): 27,3 يومًا
الكُتْلة (الأرض = 1): 0,012
درجة الحرارة السَّطحيَّة: – 173°س إلى 127°س
الجاذبيَّة السَّطحيَّة (الأرض = 1): 0,17
الشَّهْرُ القَمَريّ: 29,5 يومًا

في 20 تمّوز (يوليو) عام 1969 أصبحَ الرائدان الفَضائيَّان الأمريكيَّان نيل آرمْسترونْغ ثُمَّ إدوين ألدرين، أوَّلَ من تَطأُ أقدامُهم سَطْحَ القَمَر.

الأقمارُ الأكبَر

قَمَر	كوكَب	نِصْفُ القُطْر (كم)
جانيميد	المُشْتَري	2630
تَيْتان	زُحَل	2575
كاليسْتو	المُشْتَري	2400
آيُّو	المُشْتَري	1815
القَمَر	الأرض	1738
أوروبا	المُشْتَري	1570

وابِلات النَّيازِك السَّنَويَّة

كوادْرَنْتِدس	1 - 6 يناير
لايرِدْس	19 - 25 إبريل
إيتا أكوارِدْس	24 إبريل – 20 مايو
دِلتا أكوارِدْس	15 يوليو – 20 أغسطس
پِرْسائِدس	23 يوليو – 20 أغسطس
أوريُونِدْس	16 - 27 أكتوبر
تورِدْس	20 اكتوبر – 30 نوڤمبر
ليونِدْس	15 - 20 نوڤمبر
جِمينِدْس	7 - 16 ديسمبر

نُجُومٌ ومَجَرَّات

أَسْطعُ عَشَرة نُجُوم:
الشِّعْرَى اليَمانيَّة
سُهَيْل
رِجْلُ الجبَّار
السِّمَاك الرَّامِح
النَّسْرُ الواقِع
العَيُّوق
الرِّجْل
الشِّعْرَى الشاميَّة
آخِرُ النَّهر
مَنْكِبُ الجَوزاء

كَوْكَباتُ فَلك البُروج
بُرْجُ الحَمَل
بُرْجُ الثَّور
بُرْجُ الجَوزاء
بُرْجُ السَّرطان
بُرْجُ الأسَد
بُرْجُ العَذراء
بُرْجُ الميزان
بُرْجُ العَقْرب
بُرْجُ القَوس
بُرْجُ الجَدي
بُرْجُ الدَّلو
بُرْجُ الحُوت

دَرْبُ التَبَّانة (الدَّرْبُ اللَّبَنيَّة)
القُطْر: 000 100 سَنة ضوئيَّة
سَماكةُ القُرْص: 2000 سَنة ضوئيَّة
سَماكةُ المَرْكز: 6000 بليون كتلة الشَّمْس

المَجْموعةُ المَحلِّيَّة –

المَجَرّاتُ العَشْرُ الأقْرب

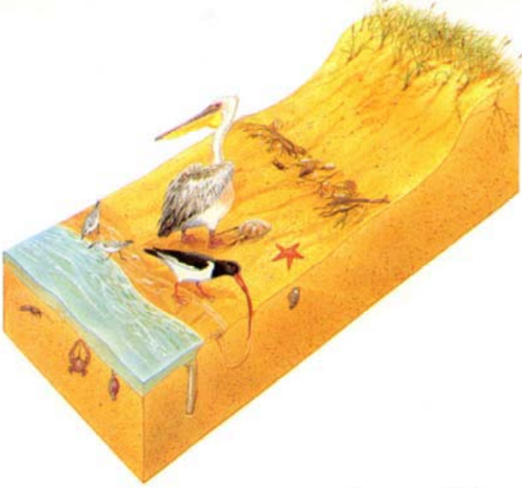
المَجَرَّة	النَّمَط
دَرْبُ التَبَّانة	حَلَزونيَّة
الرَّامي	إهليلَجيَّة
السَّحابةُ المَجلَّانيَّة الكُبْرى	غيرُ مُنْتظِمة
السَّحابةُ المَجلَّانيَّة الصُّغرى	غيرُ مُنْتظِمة
الدُّبُّ الأصْغر	إهليلَجيَّة
التِّنِّين	إهليلَجيَّة
النَّحّات	إهليلَجيَّة
الجُؤْجُؤ	إهليلَجيَّة
السُّدْسيَّة	إهليلَجيَّة
الفُرن	إهليلَجيَّة

تِكْنولُوجيَة

أعظمُ التلِسْكوبات قُوَّةً على الأرض
(قُطْرُ المِرآة بينَ قوسَيْن)
التلِسْكوبُ الكبيرُ جِدًّا (4 × 8 م)، التشيلي
التلِسْكوبُ الكبيرُ الثُّنائيُّ العَيْنيَّة (2 × 8,2 م)، الولايات المُتَّحدة الأمريكيَّة
هوبي – إبرلي (11 م)، الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة
كِكْ I (10 م)، هاواي
كِكْ II (10 م)، هاواي

تلِسْكوباتٌ فَضائيَّةٌ رئيسيَّة

الإسم	التَرَدُّد	تاريخُ الإطلاق
أُو إي أو	الأشِعَّة فوق البَنَفْسجيَّة	1962
إكسبلُورَر	أشِعَّة إكس	1970
هَبل	الضوء المَرْئيّ – والأشِعَّة فوق البَنَفْسجيَّة	1990







الفَصْلُ العَاشِر

البَقاءُ والحِفاظُ على البيئة





مَفْهومُ البَقاء يَعْني نِشدانُ السَّلامة، والحِفاظُ على البيئة لا يشْمَلُ فقَطْ العنايةَ بالبراري الطبيعيَّة والحياةِ البَرِّيَّة، بَلْ أيضًا صيانةَ النفائس التاريخيَّة من مَبانٍ وأذخارٍ وآثارٍ من الماضي.

المَوارِدُ الطبيعيَّة، كجزءٍ من البيئة، تَشْمَلُ جميعَ الأشياءِ التي تُسْهِمُ في دَوامِيَّة الحياةِ بما فيها التُّرْبةُ وضَوءُ الشَّمْس والماءُ والهواءُ والنِّفْطُ والمَعادِنُ والنباتاتُ والحيوانات. هنالك، حاليًّا أكثَرُ من سِتَّةِ بلايينَ نَسَمةٍ على وَجْهِ الأرض. وكُلُّهم يحتاجون أرضًا يَعيشون عليها، وطعامًا يَغْتذون به، وَوُقُدًا تُزَوِّدُهم بالقُدْرة. والتَّحَدِّي الكبيرُ الذي يُواجِهُ البَشَر هو تحقيقُ التَّوازُنِ بين ما يُحْتاجُ إليه وبين الحِفاظِ على البيئةِ وصِيانَتِها.

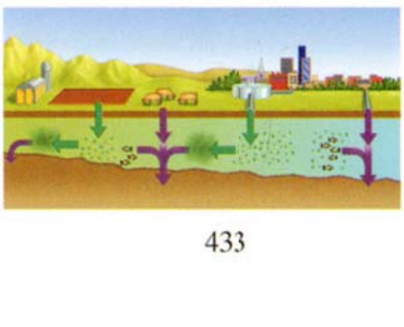




الوعيُ العالميُّ لِقضايا البقاءِ والحفاظِ على البيئة هو ظاهِرةٌ جديدةٌ. فبعضُ هذه القضايا مَحلِّيٌّ – كمَشروع اجتِثاث أرضٍ حَرَجِيَّة لِشَقِّ طريقٍ جديد. وبعضُ القضايا الأُخرى مُهِمَّةٌ للناسِ جميعًا في كُلِّ مَكان – كإعادةِ التدوير للاستِعْمال ثانيةً توفيرًا للمَوارد والتَّوفيرِ في استِهْلاك الطاقة وتجَنُّب التلَوُّث وإطعامِ الجائعين.

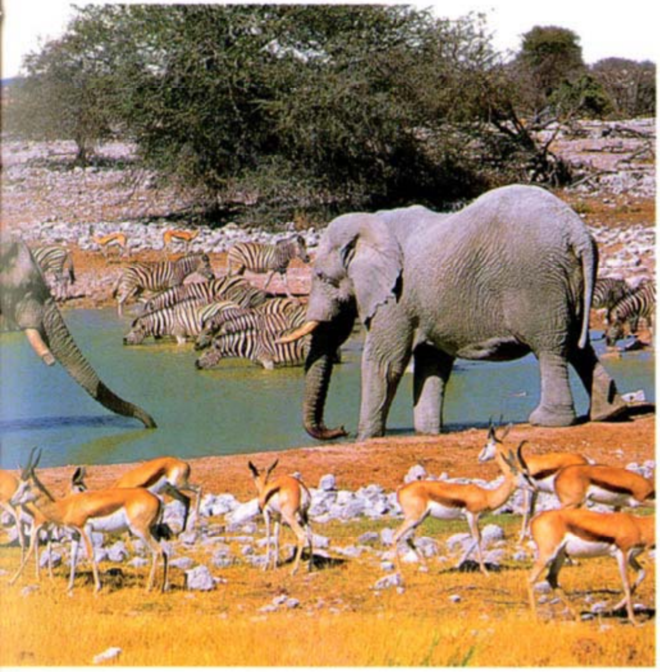
هنالك مُخَطَّطاتٌ وبرامِجُ جَديدةٌ قيْدَ التَّجْربة حاليًّا لِتَشْجيعِ الحِفاظِ على البيئةِ الطبيعيَّةِ كفِكْرة «دَيْن للطبيعة» بمَعنى أن تُلغي دُوَلُ العالَم الغنيَّةُ بعضَ ديونِ البُلدانِ الفَقيرة في مُقابِلِ أن تُخَصِّصَ هذه الدُّولُ مَحميَّاتٍ للحِفاظِ على البيئةِ الطبيعيَّة. فحينَ يَجِدُ السُّكَّانُ المَحَلِّيُّونَ أنَّ العِنايةَ بالنباتاتِ والحيَوانات البَرِّيَّة الطبيعيَّة ستُفْضي بِهِم إلى حياةٍ أفضَلَ، عندئذٍ ستكونُ فُرَصُ نَجاحِ الحِفاظِ على الطبيعة وحِمايةِ مَوارِدها أفضَلَ بكثير.





التَّوازنُ الطبيعيّ

جميعُ الكائناتِ الحيَّةِ، من أصغرِ الجراثيمِ حتّى أضخمِ اللّبونات شركاءُ يَقتسِمون هذا الكوكَب. وتُكَوِّنُ هذه المُتعَضِّيات في ما بينها جَماعاتٍ ومُجتمعاتٍ تتعايَشُ معًا في حالةٍ مُتوازنة.



جماعةُ المُتعَضِّياتِ التي تَعيشُ في مِنْطقةٍ مُعَيَّنةٍ، بالإضافةِ إلى التُّرْبةِ والمَوادِّ اللّاحياتيَّة الأُخرى، تُؤلِّفُ ما يُسَمِّيهِ العُلماءُ مَنْظومةً بيئيَّة. والمَنْظومةُ البيئيَّةُ قد تكونُ صَغيرةً بحَجمِ ثَقْبٍ صَغيرٍ مَليءٍ بالماءِ في فَرْعِ شَجَرةٍ حَرَجيَّةٍ، أو كبيرةً جِدًّا بقَدْرِ الحَرجةِ ذاتِها. وفي المَنْظومةِ البيئيَّةِ المُثْلَى تكونُ جميعُ المُقوِّماتِ مُتوازِنةً. فمثلًا النباتاتُ تُوَفِّرُ الغِذاءَ والأُكسجينَ لِلْحيَوانات، والحيوانات، بَروْثِها الذي يُعادُ تَدْويرُه في التُّربةِ، تُوَفِّرُ للنباتاتِ الجديدةِ سَمادًا تَسْتَخْدِمُه في نُمُوِّها.



ما حصَلَ في هَضْبةِ كَيْباب في أريزونا يُبَيِّنُ كيفَ يُمكِنُ أن يُدَمِّرَ البَشَرُ التوازُنَ الطبيعيَّ في البيئة. فبتَواجُدِ الفُهودِ والذِّئاب الأمريكيَّةِ ظلَّتْ أعدادُ جَماعةِ الظِّباءِ مُسْتَقِرَّةً تقريبًا.



ثُمَّ حين أفرطَ البَشَرُ في تَصَيُّدِ الفُهودِ والذِّئاب تكاثرتْ جَماعةُ الظِّباءِ بفَيْضٍ بالِغٍ. وكانت النتيجةُ فَيْضًا في أعدادِ الظِّباءِ وغَيْظًا في النَّبْتِ غِذاءً لها، فنَفَقَ الكثيرُ منها جُوعًا.

البيئيَّات

البيئيّاتُ عِلْمٌ يدرسُ الترابُطَ بين الكائناتِ الحيَّة وبَيْنَها وبينَ بيئاتِها الطبيعيَّة. ويُحاوِلُ البيئيُّونَ تَقَصِّي الأَسبابِ التي تجعَلُ الحيواناتِ والنَّباتاتِ تَعيشُ في بعضِ الأماكِنِ ولا تَعيشُ في أماكِنَ أُخرى. كما إنَّهُم يَدْرسُون أيضًا الظروفَ الضروريَّةَ من أجْلِ بَقائها.

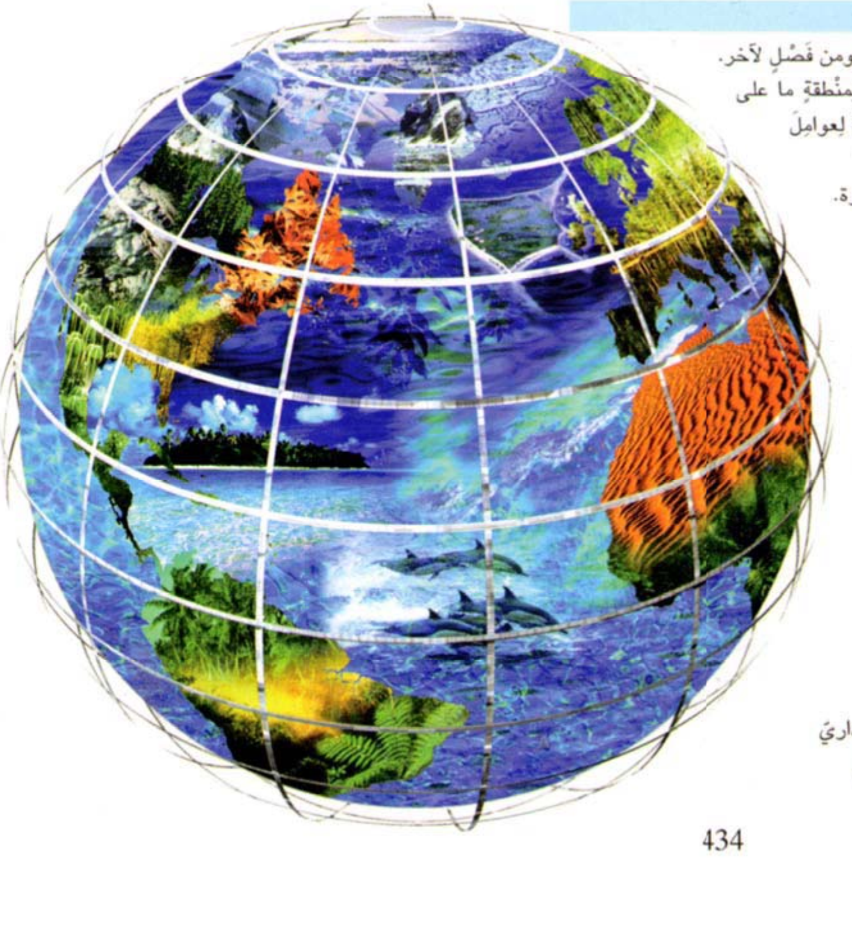
مُعْظَمُ المُتَعَضِّياتِ مُهايأةٌ جَيِّدًا لِمَواطِنِها البيئيَّةِ – وهي أماكِنُ عَيْشِها، كما لِعَلاقاتِها مع غَيرِها من الحيَواناتِ والنَّباتاتِ الأُخرى. لكِنَّ التدخُّلاتِ الخارجيَّةَ قد تُؤثِّرُ في هذا التوازُنِ الطبيعيِّ الذي استَغْرَقَتْ هذه المَنْظوماتُ البيئيَّةُ آلافَ السِّنين في تَحقيقه. وإذا لم يتَغَيَّرِ المُناخُ فَجْأَةً فقد تَسْتطيعُ المَنْظومةُ البيئيَّةُ البَقاءَ مُتوازِنةً آلافًا إضافيَّةً من السِّنين. لكِنَّ البَشَرَ غالبًا ما يُفْسِدون هذه البيئاتِ المُتَوازِنَة.

هَضْبَةُ الكَيْباب مِثالًا

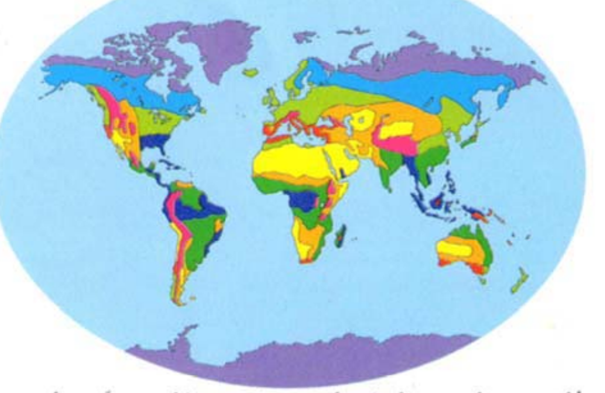
ما حصَلَ في هَضْبةِ الكَيْباب في أرِيزونا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة مِثالٌ على كيفيَّةِ إخلالِ البَشَرِ بالبيئةِ المُتَوازِنَةِ. لقد

المُناخ

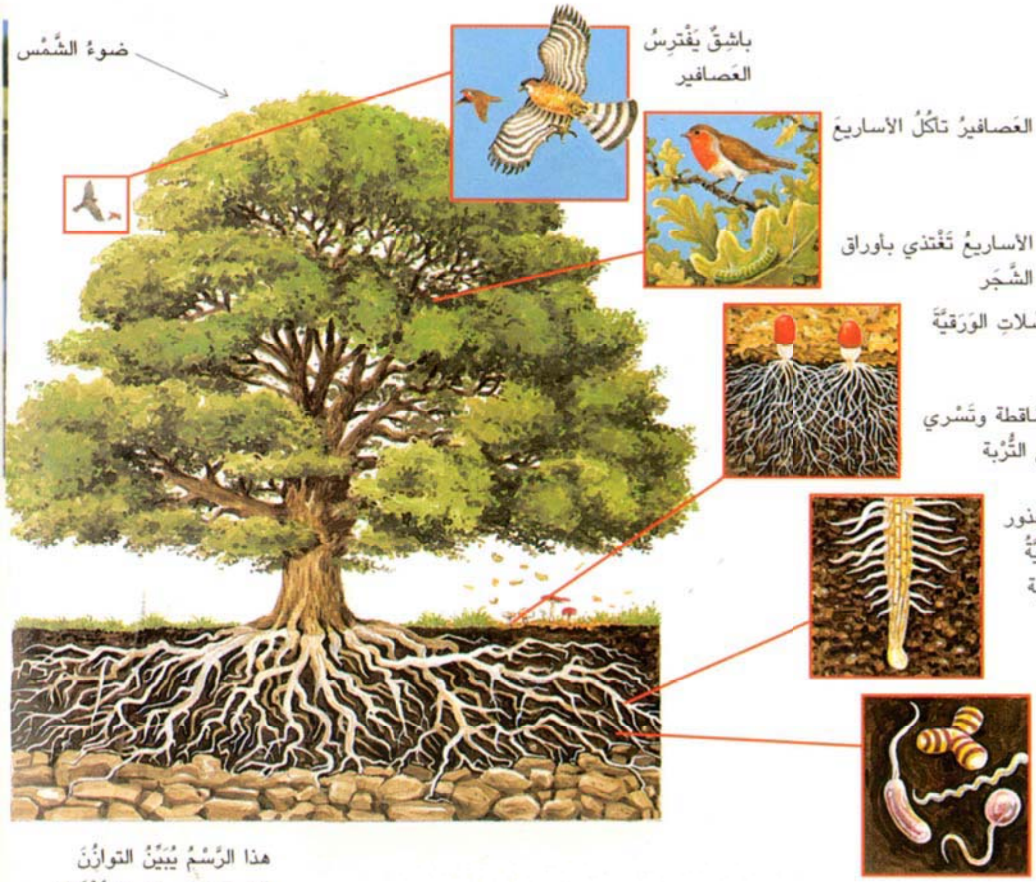
الطَّقْسُ في مِنْطقةٍ يتَغَيَّرُ من يومٍ لآخَرَ، ومن فَصْلٍ لآخر. والمُناخُ يَصِفُ مُعَدَّلَ احوالِ الطَّقْسِ لِمنْطقةٍ ما على مَدى فَتْرَةٍ تُقارِبُ 50 سنةً. وهو نَتيجَةٌ لِعوامِلَ مُتَبايِنَةٍ، تَشْمَلُ ضَغْطَ الهواءِ والرُّطوبةَ والتَّساقُطَ وشَعَّ الشَّمْسِ ودَرَجةَ الحرارة.



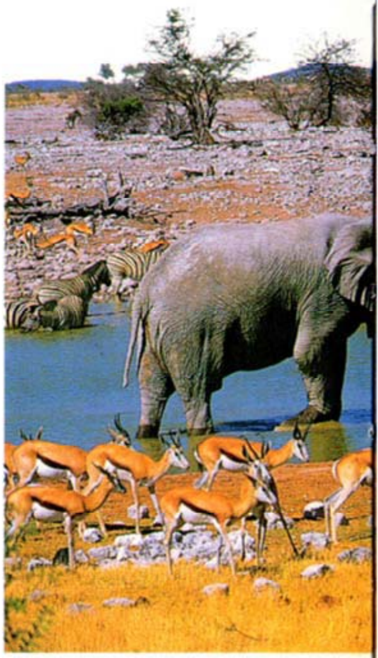
▼ المُناخُ يتَحَكَّمُ في أوضاعِ كوكَبِنا – فَيُحَدِّدُ طبيعةَ صَفْحةِ الأرضِ والنَّباتاتِ والحياةَ البَرِّيَّةَ في كُلِّ مِنْطقة. هذه الخريطةُ تُبَيِّنُ النُّطُقَ المُناخيَّةَ الرئيسيَّةَ في كوكَبِ الأرض.



النُّطُقُ المُناخيَّةُ الرئيسيَّةُ التِّسْعَةُ في العالَم هي: القُطْبيّ (باللّون الأرجوانيّ الخَفيف) ودونَ القُطْبيّ (بالأزرق الفاتِح) والمُعْتَدِلُ (الأخضر الفاتِح) وشِبْهُ المَداريّ (البُرْتُقاليّ) والصَّحْراويّ (الأصْفر) والمَداريُّ (الأخْضر الغامق) والإستوائيُّ (الأزْرق الغامِق) ودُونَ القُطْبيّ (الوَرْديّ) والمُتوسِّطيّ (الأحْمر).



هذا الرَّسْمُ يُبَيِّنُ التوازُنَ الطبيعيَّ في حَرَجةٍ مُعْتَدِلةِ المُناخ. الشَّمْسُ هي مَصْدَرُ الطاقةِ الأساسيُّ. وهذه الطاقةُ تَنْتَقِلُ من الشَّجَرِ (المُنْتِجات) إلى الكائناتِ الحَيَّةِ الأُخرى (المُسْتَهْلِكات) التي تعتَمِدُ عليها.



تَرِدُ الفِيَلَةُ الماءَ جَنْبًا إلى جَنْبٍ مع المَها وحُمُرِ الزَّرَدِ حولَ بِركةِ ماءٍ في مُتَنَزَّهِ إتُوشا الوَطنيّ في ناميبْيا، بِجَنوبِ إفريقية.

ظَلَّتْ أعدادُ جَماعةِ الظِّباءِ في حِراجِ هذه الهَضْبة مَحدودةً بتَواجد الضَّواري من ذئابٍ وفُهود. ثُمَّ لمَّا راحَ الناسُ يَتصيَّدونَ تلكَ الضَّواري، اختَلَّ التوازُنُ الطبيعيُّ البيئيّ. وبتضاؤلِ أعدادِ الضَّواري تكاثَرَتْ أعدادُ الظِّباءِ بحَيثُ لم تَعُدْ تجدُ كفايَتَها من الغِذاء. واشتَدَّ التنافُسُ بين فَيْضِ الظِّباءِ والحيواناتِ الأُخرى على مَصادرِ الغِذاءِ نَفْسِه فنَفَقَ الكثيرُ منها جُوعًا.

السَّلاسِلُ الغِذائيَّة

يدرسُ البيئيُّون ما تَغْتَذي به الحيَواناتُ والنَّباتاتُ والمُتَعَضِّياتُ الأُخرى لِتعَرُّفِ كيفيَّةِ تَرابُطِها معًا في سَلاسِلَ غذائيَّة. في السِّلْسِلةِ الغِذائيَّةِ هنالكَ عادةً مُستَوياتٌ مُتعَدِّدةٌ. في المُسْتَوى الأوَّلِ هنالك المُنْتِجاتُ، وهي النباتاتُ الخَضراءُ التي تأخُذ المُغَذِّياتِ من التُّربةِ والهواءِ وتستَخْدِمُ طاقةَ الشَّمْسِ لِتُخَلِّقَ نَماءً ونَبْتًا جديدًا. وهذه النَّباتاتُ تأكُلُها المُسْتَهْلِكاتُ، وهي العاشباتُ آكِلاتُ العُشْبِ والنَّبْت. والعاشِباتُ بدَوْرِها تأكلُها المُستَهْلِكاتُ اللَّاحِمةُ (آكِلاتُ اللُّحوم).

إنَّ كُلَّ عُضوٍ في السِّلْسِلةِ الغِذائيَّةِ يَغْتَذي بالمُسْتَوى السَّابِقِ ويَحْصُلُ على الطاقةِ منه. وبهٰذه الطريقةِ، تَنْتَقِلُ الطاقةُ من مُسْتَوًى لآخَر. وعندما تَموتُ الكائناتُ الحَيَّةُ، تَتفكَّكُ أجسادُها مُعيدةً المُغَذِّياتِ إلى التُّربةِ والهواءِ، وتتكرَّرُ العمليَّةُ كُلُّها دَوْرةً بعدَ دَورة.

التعايُش

تقومُ الأنواعُ بأدْوارٍ مُختلِفةٍ في مَواطِنِها البيئيَّة. فَقُطْعانُ الحيواناتِ الرَّاعيةِ على السُّهوبِ المَرْجيَّةِ الإفريقيَّةِ تَبْدو كأنَّها تأكُلُ الطعامَ نَفْسَهُ أي الأعشابَ وأوراقَ النَّبات. والواقِعُ، أنَّ كُلَّ نَوعٍ يَغْتَذي بِنَبْتٍ مُختلِفٍ أو بأجزاءٍ مُخْتَلِفةٍ من نَبْتٍ مُعَيَّن. فالزَّرافةُ، مثلًا، بِفَضْلِ عُنُقِها الطويلِ تَغْتَذي بأوراقِ الشَّجرِ العاليَةِ التي لا تَطالُها الحيواناتُ الأُخرى. كذلك فإنَّ كُلَّ نَوعٍ يَسْتَوطِنُ مَجالَهُ الخاصَّ في المَوقعِ البيئيِّ الملائمِ لِطبيعتِه. فيُمكِنُ لِجَميعِ الأنواعِ التعايشُ معًا طالَما يَنْعَدِمُ التدَخُّلُ الخارجيّ.

التدخُّلُ البَشَريّ

التدَخُّلُ البَشَريُّ مُشْكِلةٌ خَطيرةٌ في العالَمِ المُعاصِر. ففي مُتَنَزَّه إتُوشا الوَطنيِّ في ناميبْيا مَثلًا أخذَ الناسُ يَحْتَفِرونَ الحَصَى لِتَعبيدِ الطُّرُق. وسُرعانَ ما امتلأَتْ هذه الحُفَرُ بالماءِ الرَّاكِدِ وتكاثَرَتْ فيها جراثيمُ الجَمْرةِ الخَبيثة (الأنْثراكس). وغدَتِ المياهُ التي تَرْتادُها الشياتِلُ وحمُرُ الزَّرَد للشربِ مُلَوَّثةً بتلك الجراثيم؛ فمَرِضَت الحيواناتُ وأصبحَتْ فَريسةً سَهْلَةً للأُسود. ونَتيجةً لِذٰلك، تزايدَتْ جَماعةُ الأسودِ وانقرضَتْ فرائسها. فتَحوَّلَتِ الأُسودُ إلى ظباءِ العَلَنْد المَنيعةِ على الجَمْرةِ الخَبيثةِ التي أصبحَتْ هي أيضًا مُهَدَّدةً بالانقِراض. الطبيعةُ عادةً تَحْفَظُ التوازُنَ بين المُفْتَرِسِ والفَريسَة. وما لَمْ يُدرِك الناسُ هذا الواقِعَ ويَعْملوا بمُقتضياتِه فإنَّ حالةَ التوازُنِ سَتَسْتَمِرُّ في الاختِلال.



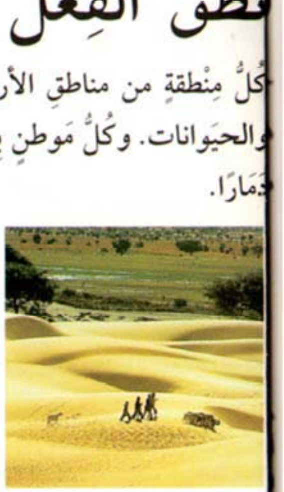
تَدْميرُ الغاباتِ المَطيرة في كوسْتاريكا يَعْني أنَّ المَنْظومةَ البيئيَّةَ الطبيعيَّةَ التي كانتْ في ما مَضَى غَنِيَّةً بالأنواع، قد استُبْدِلَ بها، بتَصميمٍ بَشَريٍّ، نِظامًا بيئيًّا أحاديَّ النَّوعِ من المَواشي فقَط.

انْظُر أيضًا

أسبابُ انقِراضِ الأنواع ص 442
أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض ص 444
صِيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462

نُطُق الفِعْل البيئيّ

كُلُّ مِنْطقةٍ من مناطقِ الأرض تُوَفِّر حَيِّزَ عَيْشٍ لِمَجْموعةٍ مُنَوَّعةٍ من النَّباتاتِ والحيَوانات. وكُلُّ مَوطنٍ بيئيٍّ هو نِطاقُ فِعْلٍ يُمكِنُ أن يُحدِثَ التَّغْييرُ فيه ضررًا أو دَمارًا.



في مَالي، على حافَّةِ الصَّحراءِ الإفريقيَّةِ الكُبْرى، لا يُتاحُ للنَّباتاتِ البَقاءُ بِسَبَبِ فَرْطِ الرَّعْي من قِبَلِ قُطعانِ الحيَواناتِ الأليفة كالمَعْز. فعِندما تُقْرَمُ النَّباتاتُ مع جُذورِها يَعُمُّ التَّصَحُّرُ وتُغَطّي الكُثْبانُ الرمليَّةُ صَفْحةَ الأرض.

المُناخُ والتُّرْبَةُ والكائناتُ الحَيَّةُ تُؤلِّفُ المَواطِنَ البيئيَّةَ. فالمَوطِنُ البيئيُّ هو مَثْوًى لِنَوعٍ خاصٍّ من الحيَوان والنَّبات يُوَفِّرُ له الغِذاءَ والمَلْجأ والظُّروفَ التي تُتيحُ له البَقاء. وكُلُّ مَوطِنٍ بيئيٍّ هو مَنْظومةٌ مُعَقَّدةٌ جَيِّدةُ التوازُن. فالحيَواناتُ والنَّباتاتُ في ذلك المَوطنِ مُتلائمةٌ مع بيئتِها ومُعْتَمِدةٌ علَيها وعلى بَعْضِها بعضًا.

المواطِنُ البيئيَّةُ والمَثاوي الصُّغْريَّة

أنْماطُ المَواطِنِ البيئيَّةِ المُنَوَّعةِ التي صَنَّفَها العُلَماءُ تَشْمَلُ الأَراضي المُشَجَّرةَ والغاباتِ والصَّحاري وسُفوحَ الجِبالِ والبِرَكَ والأَنهارَ والمُسْتَنْقعاتِ والمُحيطات. المِنْطقةُ المعيَّنةُ النوعيَّة من الأَراضي العُشْبيَّة، كسُهول البَمْپاس في الأَرْجنتين، هي مَثْوًى نِطاقيّ. أمّا المَوطِنُ العامُّ الكبير، كسَهْبٍ عُشْبيٍّ أو غابةٍ مَطيرةٍ، فيُسَمَّى نِظامًا بيئيًّا أو حَيُّومًا. يَحْوي الحيُّومُ آلافَ المَنْظوماتِ العَيْشيَّةِ الصَّغيرة والمُتخَصِّصة – تَمامًا كما يَحْوي مَبْنًى ضَخْمٌ عِدَّةَ غُرَف. إنَّ أمثالَ هذه المَنْظوماتِ يُمكِنُ أنْ تكُونَ صَغيرةً كبِرْكةِ ماءٍ أو رُقْعَةٍ عُشْبيَّة. وهي تُعْرَفُ بالمَثاوي الصُّغْريَّة، التي تُعيلُ مجموعتَها الخاصَّةَ من النَّباتاتِ والحيَوانات.

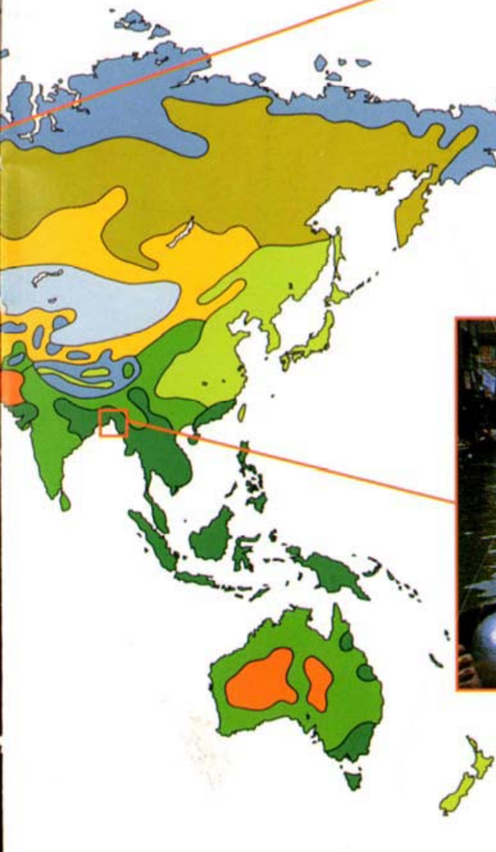
حَيُّوماتُ الأرض الأكبَرُ هي المحيطات، التي تُغطّي 71 بالمئة من سَطْح الكوكَب. الحيُّومُ المُحيطيُّ يَتَراتَبُ في طَبَقاتٍ تَبَعًا لِدِفْءِ الماءِ أو مُلوحَتِه والمَدى الذي يَبْلُغُه ضَوءُ الشَّمْس تحتَ سَطْحِه. وهنالك تَغيُّراتٌ واسِعَةُ النِّطاقِ في دَرَجاتِ الحرارة بينَ المياهِ الدافئةِ في المُحيطِ الهِنْديِّ المَداريِّ وبينَ المياهِ الجَليديَّةِ في القارَّةِ القُطْبيَّةِ الجَنوبيَّة. وتَتواجَدُ، ضِمْنَ المُحيطات، مَواطِنُ بيئيَّةٌ خاصَّةٌ كالشِّعابِ المَرْجانيَّةِ والشَّواطِئِ الرَّمْليَّةِ والخُلْجانِ ومَصَبّاتِ الأَنْهار.

التَّوازُنُ الحِرْصِيُّ

الأنْشِطةُ البَشَريَّةُ قَد تَتَدخَّلُ في مَجرى الأحداث في حَيُّوماتِ العالَم. لَقَد جَزِعَ حُماةُ البيئةِ عندما بدأتْ شَرِكاتٌ نِفْطيَّةٌ بناءَ خَطِّ أنابيبَ من خليجِ بِرُودْهُو إلى ڤالْديز في ألاسْكا، عام 1974. فكانوا يخْشَونَ أن يَعْمَلَ خَطُّ الأنابيبِ العابِرِ على



◄ عُمّالٌ يَقومون بالتَّنْظيفاتِ بعْدَ انْدِلاقِ النِّفْط بغَزارةٍ على الشاطئ من إحدى الناقِلات. النِّفْطُ المُنْدَلِقُ من اصطِدام أو تَعَطُّلِ الناقِلاتِ يُلَوِّثُ الشَّواطِئَ ويَقْتُلُ الحياةَ البَرِّيَّةَ رُغْمَ مُحاولاتِ التَّنْظيف.



▼ هذه الخَريطةُ تُبَيِّنُ نُطُقَ الفِعْل الجِغرافيِّ البيئيِّ الرئيسيَّةَ في العالَم. وتُبَيِّنُ الألوانُ على الخَريطة نَمَطَ النَّبْتِ الرئيسيَّ المُتواجِدَ في كُلِّ مِنْطقة.



▲ تَغَيُّرُ المُناخ قد يَجْلِبُ كوارِثَ لِجَماعاتٍ بكامِلِها – كما هي حالُ هذه العائلةِ الهائمةِ في مِنْطقةٍ غَمَرها الفَيَضانُ في بَنْغلادِش.

مِفْتاح رُموز الخَريطة

- صَحراءُ باردةٌ خَفيضةُ دَرَجةِ الحرارةِ وضئيلةُ المَطَر
- تَنْدرا (سُهولٌ قُطْبيَّةٌ شماليَّةٌ عديمةُ الشَّجَر) فيها طحالِبُ وحَزاز
- أراضٍ حِراجيَّةٌ مُعْتَدِلةٌ نَفْضيَّةٌ (مُعْبِلة)
- غاباتٌ صَنَوبَريَّةٌ في المناطقِ الشماليَّةِ البارِدة
- سُهوبُ السافَنّا العُشْبيَّةُ النادِرةُ الشَّجَر
- غاباتٌ مَداريَّةٌ مَطيرةٌ استِوائيَّةٌ زاخِرةٌ بالحياةِ البَرِّيَّة
- سُهوبٌ مَرْجيَّةٌ عُشْبيَّةٌ وجافَّةٌ قَصيرةُ الأعشاب
- صحاري حارَّةٌ رَمْليَّةٌ او صَخريَّةٌ شَحيحةُ المَطَر



مُتطوِّعتان تحفران بِرَكًا لإعادةِ مَواطِنَ بيئيّةٍ مَفْقُودةٍ للنَّباتات والحياةِ البَرِّيَّة. لقَدْ جُفِّفَ الكثيرُ من البِرَكِ القديمةِ وأُعيدَ ملؤها. إنَّ توفيرَ البِرَكِ الجديدةِ يُساعِدُ الضَّفادِعَ والسَّمادِلَ وسِواها من الكائناتِ على البَقاءِ حَتَّى في بيئاتٍ حَضَريَّة.

تَدْميرِ الأرضِ الجُموديَّةِ (في مِنْطقة التَّندرا) وعَرْقَلةِ الهِجْرةِ السَّنَويَّةِ لِقُطعانِ أيايِلِ الرَّنَة. ولِحُسْنِ الحَظِّ كان الضَّررُ أقَلَّ مِمّا خُشِيَ منه أوَّلًا. أمّا في أمريكا الجَنوبيَّة، فقد كان الإضرارُ بِغاباتِ الأمازون المَطيرة جَرَّاءَ شَقِّ الطُّرُقِ العامَّة، والاحْتِشاب، وإقامةِ المَزارعِ الشاسِعَةِ لِتَرْبيةِ المَواشي أشدَّ خُطورةً – إذْ اختفَتْ مناطِقُ شاسِعَةٌ من هذه الغابات في الـ 20 سنةً الماضية.

وفي شمالي إفريقية، دَرَجَ الناسُ على تَرْبيةِ قُطعانٍ من الأغنامِ والمَعْزِ، أكثرَ بكثيرٍ مِمَّا يَسْتطيعُ النَّبْتُ الضئيلُ تَوفيره. فراحَتِ الحيواناتُ الجَوْعَى تَقْرِمُ سُوقَ النَّباتاتِ وجُذُورَها – فقَضَتْ عليها. وهكذا فُقِدَتْ أعشابٌ وجَنَباتٌ وأشجارٌ ثَمينةٌ على امتِدادِ الحافَّةِ الجَنوبيَّةِ للصَّحراءِ الكُبْرى. فبِدُون حِمايةِ النَّباتات التي تُسْهِمُ جُذُورُها في تماسُكِ التُّرْبَةِ الرَّقيقة تَتصَحَّرُ الأرضُ بِسُرْعةٍ، كما هو حاصِلٌ في الصَّحراءِ الكُبْرَى التي تَتَقَدَّمُ فيها ظاهِرةُ التصَحُّرِ بأكثَرَ من 40 كيلومترٍ سَنَويًّا.

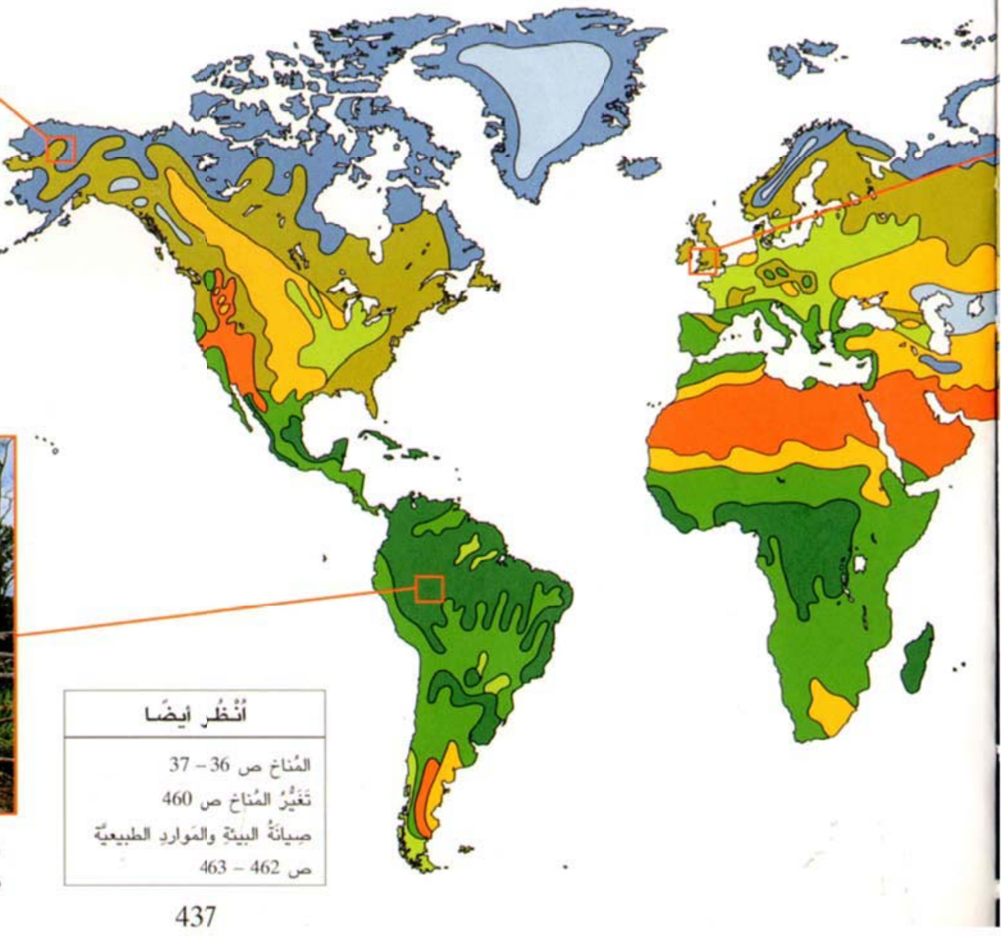
تَغَيُّرُ المُناخ

كُلُّ مَوطِنٍ من مواطِنِ العالَم البيئيَّةِ يَعْتَمِدُ على المُناخ. فأيُّ تَغَيُّرٍ في المُناخ قد يُحْدِثُ تَغَيُّرًا مَأساويًّا في المَوطِنِ البيئيِّ يُؤَثِّرُ في الحيوانات والنَّباتاتِ والناس. إنَّ سِجِلَّاتِ الطَّقْسِ الأَرصاديَّةَ، مُنْذُ بداياتِ القَرْنِ السابعَ عَشَر، تُبَيِّنُ أنَّ العالَمَ آخِذٌ بالتَّسَخُّنِ تَدْريجيًّا. فالعَقْدُ الأخيرُ من القَرْنِ العِشْرين تَجاوَزَ الأرقامَ القياسيَّةَ لدَرَجاتِ الحرارة الأعلَى على النِّطاقِ العالميِّ – مع أربَعٍ من العَشْرِ سَنَواتِ الأشَدِّ حرارةً المُسَجَّلَةِ في أيِّ وَقْتٍ مَضَى.

في المُستَقْبَل، قد يُسَبِّبُ تَغَيُّرُ المُناخ ذَوبانَ القَلَنْسُوَتَيْنِ الجليديَّتَيْنِ في القُطْبين، دافِقًا كمِّيَّاتٍ ضَخْمةً من المياه إلى المُحيطات. وقد تَرْتفعُ مُسْتَوياتُ البِحارِ ويَزْدادُ حُدوثُ الفَيَضاناتِ في البُلدانِ الخَفيضة.

▼ مَدُّ خَطُّ الأنابيبِ عَبْرَ ألاسْكا لِنَقْلِ النِّفْطِ فوقَ صَفْحةِ الأرض المُتجَمِّدة دُونَ القُطْبيَّةِ في أمريكا الشماليَّة.







▲ تَقْضِيةُ الحِراج بطَريقةِ القَطْعِ والحَرْقِ مُسْتَمِرَّةٌ في البَرازيل. إنَّه بإبادةِ غابَةٍ مَطيرةٍ يُفْقَدُ مَوطِنٌ بيئيٌّ غَنِيٌّ إلى الأبَد.

أُنْظُر أيضًا

المُناخ ص 36 – 37
تَغَيُّرُ المُناخ ص 460
صِيانَةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 – 463

إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة

الغَاباتُ المَطيرةُ هي أَغْنى الحَيُّوماتِ في العالَم؛ وهٰذه الغاباتُ تَنْمو بِصُورَةٍ رئيسيَّةٍ على مَقْرُبَةٍ من خَطِّ الاستِواء. وبِسَبَبِ وَفْرةِ الحياةِ البَرِّيَّةِ فيها، فهي مُهَدَّدة دومًا من قِبَلِ البَشَر.



سَعادينُ الغابات، كالسَّاكي المُلْتَحي في أمريكا الجَنوبيَّة، تَعيشُ على ذُرَى الشَّجَر. فإذا ما أُقْضِيَت غاباتُها على يَدِ الإنسان، فإنَّ فُرَصَها في العَيْش والبَقاءِ تَغْدو ضئيلة. حيواناتُ الغاباتِ تَحْتاجُ إلى مناطِقَ فَسيحةٍ تَسْتطيعُ العَيْشَ فيها دُونَ إزعاج.

تَحْوي الغاباتُ المَطيرةُ أَنواعًا من النَّباتاتِ والحيَوانات أكثرَ من أيِّ مَوطِنٍ بيئيٍّ آخرَ على سَطْحِ الأَرْض. وأكبرُ الغاباتِ المَطيرةِ هي الغاباتُ المَداريَّةُ في أمريكا الجنوبيَّة وإفريقيةَ وجَنوبِ شَرق آسيا. فالمُناخُ المَداريُّ دافِئٌ ورَطْبٌ دائمًا - بدونِ فَصْلِ شِتاءٍ - فيَسْتَمِرُّ نُمُوُّ النَّباتاتِ على مَدارِ السَّنَة. لِذا فإنَّ الأشجارَ والسَّراخِسَ والمُعْتَرِشاتِ والنَّباتاتِ الأُخرى تَنْمو بِكَثافة، فتُعيلُ بِدَوْرِها مَجْموعاتٍ كَثيرةَ التَّنَوُّعِ من الكائناتِ الحيَوانيَّة - بخاصَّةِ الحَشَراتِ والطُّيور.

غابةٌ مُتعَدِّدةُ الطَّبَقات

تَنْمُو النَّباتاتُ بِسُرْعةٍ في الغاباتِ المَطيرة، ولِبُلوغِ ضوءِ الشَّمْس فإنَّ الأشجارَ تنمُو إلى ارتِفاعاتٍ عالية. الغابةُ المَطيرةُ ذاتُ ثَلاثِ طَبَقاتٍ مُتَمَيِّزَةٍ هي: الأَرْضيَّةُ والتَّحْتِيَّةُ (التحت سَطْحيَّة) والظُّلَّة. مُعْظَمُ أشجار هذه الغابات ذاتُ جُذورٍ ضَحْلةٍ تَمْتَصُّ مُغَذِّياتِها من طَبَقاتِ التُّرْبةِ العُلْويَّة. والكثيرُ منها تَدْعَمُ نَفْسَها بِجُذورٍ تَنْمُو خارِجيًّا كدعائمَ قائمةٍ أو زافِرة. أمَّا الأشجارُ الأصغَرُ والبادِراتُ والجَنَباتُ فتُشَكِّلُ الطَّبَقاتِ السُّفْلَى الأَقْرَبَ إلى سَطْحِ الأرض.

تَرْتَفِعُ الظُّلَّةُ الرئيسيَّةُ عادَةً بين 30 مترًا و50 مترًا فوقَ سَطْحِ الأرض حيْثُ تَنْبَتُّ الجُذوعُ النَّحيلةُ إلى عِذْقٍ من الأغصان. وقد تَعْلُو الأشجارُ الأَطْولُ إلى حوالى 60 مترًا.

الظُّلَّةُ تَحْجُبُ ضوءَ الشَّمْس عن الطبَقةِ التَّحْتِيَّةِ حيثُ الجَوُّ أعتَمُ بكثير. وتتأَلَّفُ الطبَقةُ التحتيَّةُ من جُذوعٍ شَجَريَّةٍ تَلُفُّها سوقُ المُعْتَرِشاتِ (النباتات المُتَسَلِّقة) المُترابِطَةِ بالنَّبَتات الزاحفة. والغريبُ أنَّ أرضيَّةَ الغابةِ خاليَةٌ من المَرْكومات والسَّواقِط. فالأوراقُ والثِّمارُ وذَرْقُ الحيوانات وجِيَفُها تَتفكَّكُ بِسُرْعةٍ عندما تَسْقُطُ على الأرض، فتَمْتَصُّ جُذورُ النبتِ كيماويَّاتِها كمُغَذِّياتٍ تُسْتَخْدَمُ في تَخْليق نَماءٍ جَديد.



هذا الطُّوقانُ الأحمَرُ الصَّدْر يَعيشُ في مُتَنَزَّه إتاتْيايَ الوَطَنيّ، بالبَرازيل. فالحياةُ البَرِّيَّةُ، في كثيرٍ من الغاباتِ الأمازونيَّة، مُهَدَّدةٌ بِفَقْدِ مَواطِنِها البيئيَّة.

مَوطِنٌ بيئيٌّ غَنِيّ

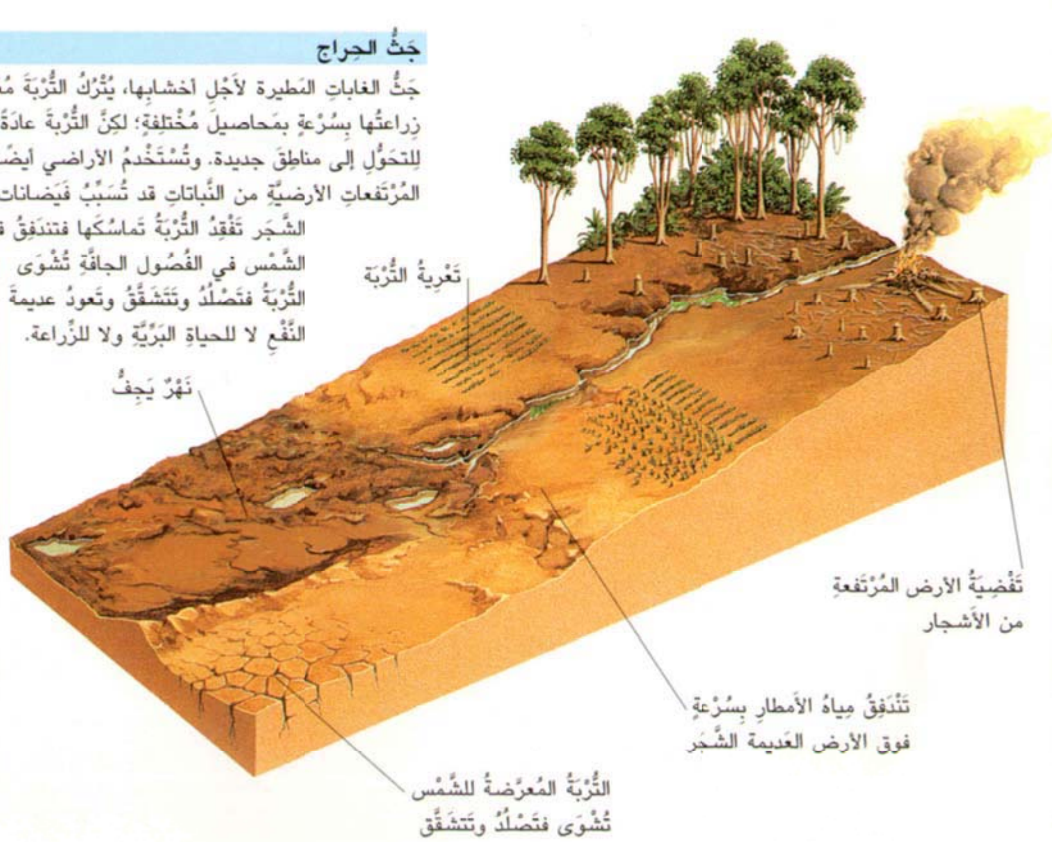
الغاباتُ المَداريَّةُ المَطيرةُ تَضُمُّ حوالى ثلاثةِ أرباعِ مُجْمَلِ الأَنواعِ المَعْروفةِ من حيَوانٍ ونَبات، رُغْمَ أنَّها تُغَطِّي سِتَّة بالمئة فَقَطْ من سَطْحِ الأرض. فَفيها دَومًا نَباتاتٌ في طَورِ الإزْهارِ أو الإثمار في كُلِّ مَكانٍ وفي كُلِّ وَقْتٍ من السَّنَة. وهذه النَّباتاتُ تُوَفِّرُ مَدَدًا غِذائيًّا مُسْتدامًا للطُّيورِ والخَفافيش



أشجارُ الغاباتِ المَطيرةِ تَتمَيَّزُ بِجُذوعٍ داعِمَةٍ جَسيمَةٍ. ولا يَبْرُزُ عَبْرَ الظُّلَّةِ، المُكَوَّنَةِ من الأغصانِ وأوراقها، سِوى الأشجارِ الأَطْول. وتَعيشُ مُعْظَمُ الحيواناتِ وكَثْرَةٌ من النَّباتاتِ ضِمْنَ الأشجارِ نَفْسِها.

جَثُّ الحِراج

جَثُّ الغاباتِ المَطيرة لأَجْلِ أخشابِها، يُتْرُكُ التُّرْبَةَ مُعَرَّضَةً لِعوامِلِ الطَّقْس. بعضُ الأراضي الحِراجيَّةِ تُعادُ زِراعتُها بِسُرْعةٍ بمَحاصيلَ مُخْتلِفةٍ؛ لكِنَّ التُّرْبَةَ عادَةً تَفْقِدُ خُصوبَتَها بعدَ بِضْعَةِ مواسمَ فيُضطَرُّ المُزارعون لِلتحَوُّلِ إلى مناطِقَ جديدة. وتُسْتَخْدَمُ الأراضي أيضًا مَزارِعَ استِثْمارٍ زراعيٍّ أو لِتَرْبيَةِ المَواشي. إنَّ تَفْضِيَةَ المُرْتَفعاتِ الأرضيَّةِ من النَّباتاتِ قد تُسَبِّبُ فَيَضانات – فتُجْتَرَفُ التُّرْبَةُ في الأنهار وتُطَمِّيها. وبدونِ جُذورِ الشَّجَر تَفْقِدُ التُّرْبَةُ تَماسُكَها فتندَفِقُ فوقَها مياهُ الأَمطارِ بِسُرْعةٍ وتُعرِّيها. وبالتَّعَرُّضِ لِحَرِّ الشَّمْس في الفُصُول الجافَّةِ تُشْوَى التُّرْبَةُ فتَصْلُدُ وتَتَشَقَّقُ وتَعودُ عديمةَ النَّفْعِ لا للحياةِ البَرِّيَّةِ ولا للزِّراعة.





تَفْضيَةُ الغابات المَطيرة لِشَقِّ الطُّرُق أو لإنشاءِ المَزارِع أو المناطق السَّكنيَّة يُدَمِّر المَنْظومةَ البيئيَّةَ المُرْهفَةَ التوازُن إلى الأبَد. والغاباتُ حاليًّا تُدَمَّرُ بِسُرْعةٍ بالِغةٍ باستِخْدامِ المَناشيرِ السِّلْسِليَّةِ وجَرَّافاتِ التَّسْوِيَة.



أشجارٌ سريعةُ النُّمُوِّ تُزْرَعُ لأَخْشابِها. وهي قد تَنْمُو إلى عُلُوِّ 25 مِتْرًا في بِضْعِ سَنَوات.

والحَشَراتِ والأفاعي والضَّفادعِ الشَّجَريَّة والظِّباءِ والسَّعادينِ والحيَواناتِ الأُخرى.

الغاباتُ المَطيرةُ المُعْتَدِلَة

الغاباتُ المَطيرةُ المُعْتَدِلَةُ تَتواجَدُ في المناطِقِ السَّاحليَّةِ حيثُ تَحْمِلُ لها الرِّياحُ الشَّاطئيَّةُ الأمطارَ على الدوام. أمثالُ هذه الغاباتِ تُوجد بصُورةٍ رئيسيَّةٍ في الشَّمال الغَربيِّ من أمريكا الشماليَّة وجَنوبِ التشيلي وتَسْمانيا ونيُوزيلَنْدا. والأَشْجارُ الغالِبَةُ في هذه الغابات هي السَّكُويَةُ والتَّنُّوبُ في نِصْفِ الكُرَة الشَّماليّ، والأُوكاليبْتوس والزَّانُ القُطْبيُّ في نِصْفِ الكُرَة الجنوبيّ. أمَّا الحياةُ الحيوانيَّةُ والنباتيَّةُ فهي أقَلُّ وَفْرةً مِمَّا هي عليه في الغاباتِ المَداريَّةِ المَطيرة.

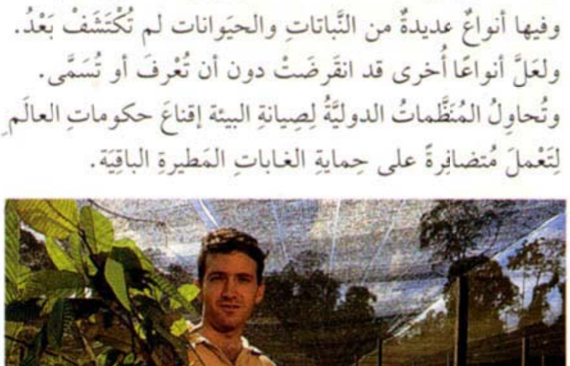
أَخطارٌ تُهَدِّدُ الغاباتِ المَطيرة

أَشْجارُ الغاباتِ المَطيرةِ تتمَيَّزُ بأَخْشابِها العاليةِ الجُودة. وقد جَرى تدميرُ مِساحاتٍ شاسِعَةٍ من هذه الغابات في الأمازون (بأمريكا الجَنوبيَّة) وماليزْيا وإندونيسيا (بجنوب شرق آسيا) والكُنْغو (بإفريقية) للحُصُول على أَخْشابِها. كذلك جرَتْ أيضًا تَفْضِيَةُ مِساحاتٍ شاسِعَةٍ من هذه الغابات لاستِخْدامِها مَزارِعَ للمَطَّاطِ والبُنِّ والمَوْز وقَصَبِ السُّكَّر، أو لِتَوفيرِ مَراعٍ للمَواشي. وغالبًا ما كان يتِمُّ ذلك باجتثاثِ الشَّجَرِ الكِبارِ وحَرْقِ الصِّغار. وهكذا شُقَّتِ الطُّرُقُ العامَّةُ عَبْرَ الغاباتِ وحُفِرَتِ المَناجِمُ وأُقيمت المُستَوطناتُ الجَديدة.

إنَّ تَفْضِيَةَ السَّفْحِ الجَبَليِّ من أَشْجارِه تَتْرُكُ التُّرْبَةَ مُعَرَّضةً لأنْ تَجْرُفَها الأَمطارُ الغزيرة بِسُرْعة. وما كانَ غابَةً فَيْحاءَ في ما مَضَى يَغْدو أرضًا قَفْراءَ يبابًا لا حَياةَ فيها.

إنقاذُ الغابات

نحنُ بِمَسيسِ الحاجةِ إلى الغاباتِ المَطيرة. فهي رِئاتُ كوكَبِ الأَرض. تَبْتَعِثُ الأُكسجينَ وتحْفَظ توازُنَ ثاني أُكسيد الكربون في الجَوِّ خِلالَ عَمليَّةِ التَّخْليقِ الضوئيّ. وهي تَحْوي أيضًا الكثيرَ من النباتات المُستَخْدَمةِ طِبابيًّا كعَقاقيرَ دوائيَّة. وفيها أنواعٌ عديدةٌ من النَّباتاتِ والحيَوانات لم تُكْتَشَفْ بَعْدُ. ولَعَلَّ أنواعًا أُخرى قد انقرَضَتْ دون أن تُعْرَفَ أو تُسَمَّى. وتُحاولُ المُنَظَّماتُ الدوليَّةُ لِصِيانةِ البيئة إقناعَ حكوماتِ العالَمِ لِتَعْمَلَ مُتضافِرةً على حِمايةِ الغاباتِ المَطيرةِ الباقِيَة.



تتطلَّبُ الغاباتُ إدارةً ورِعاية. هذا الباحِثُ يَحْمِلُ بادِراتٍ جَرى استِنْباتُها في مُسْتَنْبَتٍ خاصٍّ لِتكونَ مُسْتَقْبَلًا أشجارًا حِراجيَّةً جديدةً في مَشْروعِ إعادةِ التَّحْريج في سِاباه، بجزيرة بورْنيو في خليج الملايو.

أُنْظُر أيضًا

الأشجار ص 64 – 65
الحَيُوماتُ والمَواطِنُ البيئيَّة ص 68 – 69
صِيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 – 463

الحياةُ في المُحيطات

تُغطّي المُحيطاتُ قُرابَةَ ثلاثةِ أرباعِ سَطحِ الأرض. وهي تُشكِّلُ مَوْطِنًا بيئيًّا لِعَدَدٍ لا يُحْصَى من الكائناتِ الحَيَّةِ التي تَتَراوحُ حجومُها بين الدقيقةِ المِجْهَريَّة والعِمْلاقةِ الضَّخْمة.



يُفْرَغُ السَّمَكُ المَصيدُ على ظَهْرِ مَرْكَبِ الصَّيْد. أساطيلُ مَراكِبِ الصَّيْدِ المُتنافِسَةُ على المَخْزون السَّمكيِّ المُتَضائِلِ تُبْحِرُ غالبًا خارِجَ المياه الإقليميَّة لِتَسْتَغِلَّ الثروةَ السَّمكيَّةَ في مَناطِقَ جديدةٍ.

مُحيطاتُ العالَم الأَرْبعة هي: المُحيطُ القُطْبيّ الشَّماليّ (وهو أصغَرها) والمُحيطُ الهِنْدي والمُحيطُ الأَطلسي والمُحيطُ الهادي. وتَبْلغُ مِساحةُ المُحيطِ الهادي قُرابةَ مساحةِ المُحيطات الثلاثة الأُخرى مُجْتَمِعةً. وهو أيضًا أعْمقُ بكثيرٍ من أيِّ مُحيطٍ آخَر. فلو تُوضَعُ كُلُّ مياهِ العالَم في 100 خَزَّانٍ عِمْلاقٍ لكانت 97 منها تُملأُ بمياهِ هذه المُحيطاتِ الأربعة. تَفْقِدُ المُحيطاتُ الماءَ باستِمْرارٍ بفِعْلِ حرارةِ الشَّمْس كبُخارٍ يتصاعَدُ في الهواء إلى أعالي الجوّ، لكِنَّ مُعظمَه يَعُودُ إلى الأرضِ مَطَرًا. ومياهُ الأمطارِ المُنْدفقةُ عَبْرَ اليابسَة تحمِلُ مَعها إلى المُحيطات أملاحًا ومَعادِنَ مُخْتلِفة أُخرى.

النُّطُق المُحيطيَّة

للمُحيطِ نِطاقان رئيسيَّان هما: الحوضُ المُحيطيُّ – وهو الجزءُ الأَعْمقُ – والإفريزُ القارّيُّ الضَّحْل على حافَّةِ اليابِسَة. وعلى امتِدادِ السّاحِلِ يُشَكِّلُ الشاطِئُ البَحْريُّ حَدًّا دائمَ التغَيُّرِ بين البَحْرِ واليابِسَة. هنالك أنماطٌ مُخْتلِفةٌ من السَّواحِل – فحيثُ تكونُ الصُّخورُ السّاحليَّةُ رِخوةً تتغيَّرُ مَعالِمٌ كالجُرُفِ الصَّخريَّةِ بسُرعة، فيما الصُّخورُ الصَّلْدةُ



تَعيشُ أنواعٌ عديدةٌ من الطُّيورِ والرَّخْويَّاتِ والقِشْريَّاتِ والنَّباتاتِ على شاطِئِ البَحْر. والشواطئُ الرَّمْليَّةُ يتغَيَّرُ شَكْلُها باستِمْرارٍ بفِعْلِ تكَسُّرِ الأمواجِ عليها ناقلةً الرِّمالَ صُعُودًا وهُبُوطًا مع المَدِّ والجَزْر. ويُفْتَرَضُ في الحيوانات البَرِّيَّةِ الساحليَّةِ أنْ تكونَ قابِلةً للمُهاياةِ والتكيُّف – أي قادِرةً على العَيْشِ وتدَبُّرِ الغِذاءِ داخِلَ الماء وخارِجَه.



على شاطِئِ هذه الجزيرة في أُوكيناوا، باليابان، تَرَكَ الجَزْرُ المُنْحَسِرُ حِتارًا من النُّفايات مُعْظَمُه من اللَّدائن. واللَّدائنُ ليسَتْ دَرُوكةً حيويًّا – فلا يَسْتطيعُ البَحْرُ التخَلُّصَ من هذه النُّفايات طبيعيًّا.

تتآكَلُ بِبُطءٍ أكثَر. والواقع أنَّه حتَّى الفِعْلُ اليوميُّ لِبَحْرٍ هادئٍ نِسْبيًّا سَيحُتُّ السَّاحِلَ آجِلًا.

صَيْدُ السَّمك

أفادَ البَشَرُ من المُحيطاتِ على مَدى آلافِ السِّنين كَوَسائلِ نَقْلٍ وانتقالٍ بالسُّفُن وكمَطْرحٍ للنُّفايات وكمصادِرَ للغِذاء. فصَيْدُ السَّمَك هو نَشاطٌ بَشَريٌّ قديم. ومعلومٌ أنَّ البشَرَ، حتَّى القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، لم يكونوا يَصْطادونَ من السَّمَك ما يُهَدِّدُ الثَّروةَ السَّمكيَّة. لكِنَّ الوضعَ تغيَّرَ كُلِّيًّا مع استِخْدامِ قوارِبِ الصَّيْد الحديثة، والشِّباكِ الأكبَر، ونبائط، كالرَّادار، لِتتبُّعِ أسْرابِ السَّمَك.

ما يُصطادُ من الـ 20 000 نوع من الأَسماك، بكمِّيَّاتٍ كبيرة كغِذاء، لا يتَجاوزُ 30 نوعًا. وهذا ما جَعل هذه الأنواع المَرغوبةَ لِجُودتها الغذائيَّة، كالبَقَلَةِ (القُدّ) والحَدُّوقِ، نادِرَةً اليومَ في مناطِقَ كانت في ما مضى تُعَدُّ فيها بالملايين. ويَعودُ السَّبَبُ إلى أساليبِ صَيْدِ السَّمَك الحديثةِ البالغةِ الفعَاليَّة، وإلى الشِّباكِ التي تَحْتَبِسُ غالبًا أَسْماكًا فَتِيَّةً لمّا تبلُغْ مَرحلةَ التوالُد. ويُقَدِّرُ أهلُ الخِبْرة أنْ صَيْدَ السَّمَك التِّجاريَّ ازدادَ أربعةَ أضعافٍ عمّا كان عليه عام 1950. والحِصَصُ المُقَنَّنةُ لِتحديد كمِّيَّاتِ الصَّيد المُصَرَّح بِها، والمُتَفاهَمُ علَيها دوليًّا لحماية الثروةِ السَّمكيَّةِ من الإنقِراض، يَجْري تجاهُلُها في أغلَبِ الأَحيان. والكثيرُ من البُلدانِ الآنَ تضَعُ حدودًا تبلُغُ 320 كيلومترًا حوْلَ سَواحِلِها للحِفاظِ على مَصائدِها السَّمكيَّة.

التلَوُّث

لقد أصبحتِ المُحيطاتُ مَكَبًّا للنُّفايات بِمُختلفِ أنواعها.

فأكثَرُ من ثلاثةِ مَلايين طُنٍّ من النِّفط تُدلَقُ في البِحار سَنويًّا – مُعْظمُها شَطْفٌ لخزّاناتِ الناقلاتِ النِّفطيَّة قبْلَ إعادةِ تَحْميلها. كذلك فإنَّ قُرابةَ نِصْفِ تلَوُّثِ المُحيطات سَبَبُه اطِّراحُ النُّفاياتِ الصِّناعيَّة وقاذوراتِ المجاري المنزليَّة التي يَجْري ضَخُّها إلى البَحْر باستِمْرار – إضافةً إلى الفَضَلات التي تُرمى فيه من السُّفُن.

ففي مَسيرةٍ على طُولِ الشاطِئ أثناءَ حَضيضِ الجَزْر تُشاهَدُ النُّفاياتُ المُختلِفةُ التي يَقْذِفُها جَرْفُ المَوج. إنَّ القواريرَ اللدائنيَّةَ وشباكَ الصيد النايلونيَّة المُنْتَبذةَ وأمثالَها هي مُلَوِّثاتٌ كامِنةُ الضَّرر بخاصَّةٍ لأنَّها لا تنْحَلُّ طبيعيًّا، فتَبْقى خَطَرًا دائمًا على الحيوانات المائيّة البَرِّيَّة. كما إنَّ النُّفاياتِ الكيماويَّةَ هي غالبًا سُمِّيَّةٌ للبَشَر وللأَسْماكِ أيضًا.

صَيْدُ الحِيتان

بدأَ صَيْدُ الحِيتانِ في أوروبا منذُ ما يَزيدُ على 1300 سَنَة. وكان ازديادُ الطَّلَبِ على زَيْتِ الحِيتان ومُنْتَجاتٍ أُخرى مُشَجِّعًا لِصيّادي القَرْنِ التاسعَ عَشَر على البَحْثِ عن أنواعٍ جديدةٍ من الحيتان لِتَصيُّدِها. وفي أوائلِ القَرْنِ العِشْرين صارَ قَتْلُ الحيتان أسرَعَ وأفعلَ بفَضْلِ السُّفُنِ السَّريعة والحِرابِ الخُطّافيَّة المُتَفَجِّرة. فراحَ الصَّيادون يَسْعَون وراءَ الحيتانِ الأَضْخم – كالحوتِ الأَزرق وحُوتِ العَنْبَر والحُوتِ السَّفّاح. فتَمَّ قَتْلُ أكثَرَ من 1,5 مليون حُوتٍ بينَ عامَي 1925 وَ 1975، بحيثُ شارفَتِ الحِيتانُ العِمْلاقةُ على الانقِراض. ولعَلَّ تَقْنينَ صَيْدِ الحِيتان قد جاءَ في حينِه لإنقاذِها؛ لكنَّ ذلك مُمكِنٌ فقَطْ إذا تقيَّدت بذلك جميعُ البُلدان صيّادةُ الحيتان.



الشِّعابُ المَرْجانيَّة

الشِّعابُ المَرْجانيَّةُ لعَلَّها الجماعاتُ الحيَّةُ الأقدمُ على الأرض. إذ يتراوح عُمْرُ مُعْظم هذه الشِّعاب بين 5000 وَ 10 000 سَنَة، لكنَّها تَسْتَقِرُّ على شِعابٍ مَيْتَةٍ عُمْرُها مَلايينُ السِّنين. وهي غَنِيَّةٌ بأنواعِ الأحياءِ الحيوانيَّة كما الغاباتُ المَطيرة. فالشِّعْبُ المُفْرَدُ قد يَحوي 3000 نوع من المَرجانيّاتِ والرَّخْويّاتِ والقِشْريّاتِ والأَسْماك. لكنْ من اليَسير الإضرارُ بهذا التوازُنِ المُرْهَفِ للشِّعب بتَلَوُّثِ المياه، أو قَطْعِ المَرْجان وتَسْويقِه كتَذْكارات، أو بِفَرْطِ الصَّيْد برِماحِ الصَّيادين. الشِّعابُ الأَضْخَمُ في العالَم – المَعروفة بالحاجز المَرْجانيِّ العَظيم – في أُستراليا هي مُتَنَزَّهٌ وَطَنيٌّ مَحْميٌّ؛ لكنَّ الشِّعابَ في مناطقَ أُخرى من العالَم مُعَرَّضةٌ لِلْمخاطِر.

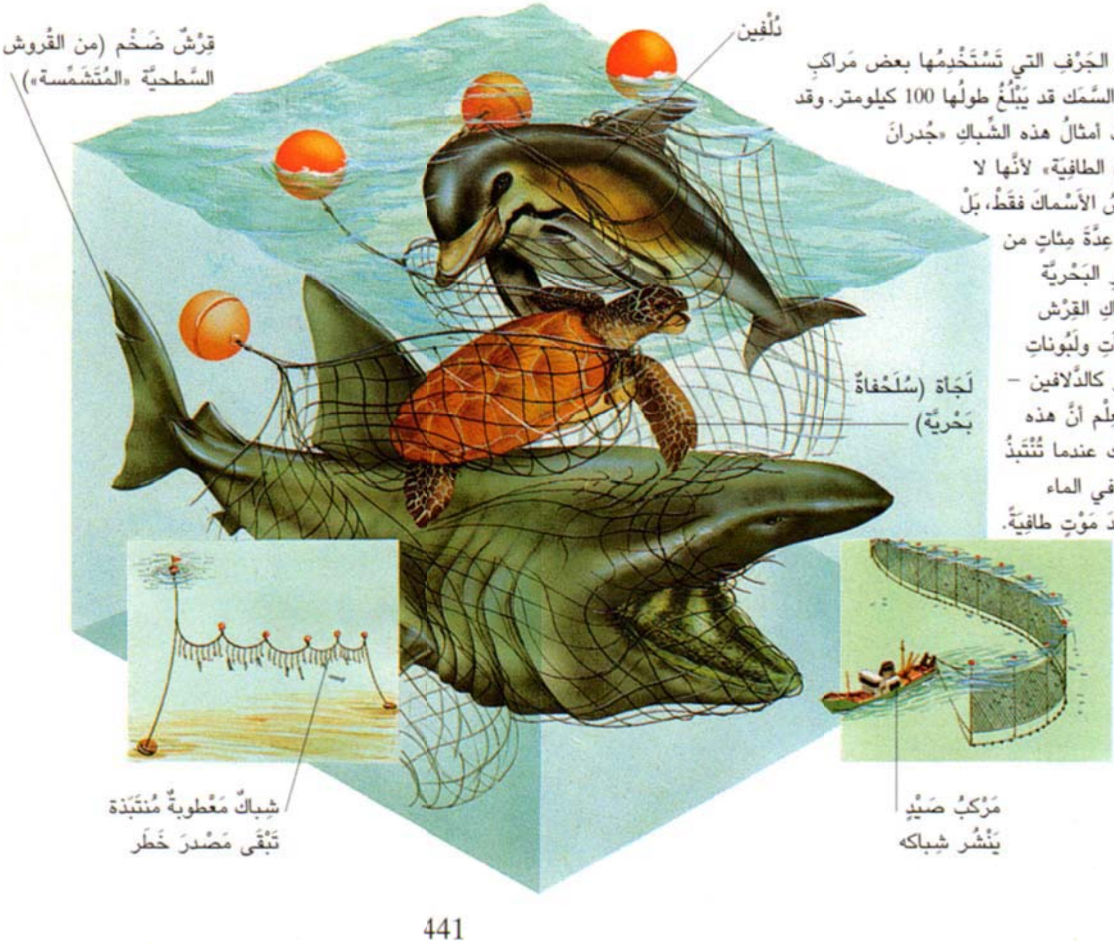
◄ تتواجَدُ الشِّعابُ المَرْجانيَّةُ في البِحار المَداريَّة. وأكبَرُ هذه الشِّعاب هو الحاجِزُ المَرْجانيُّ العَظيم في أُستراليا الذي يَزيدُ طولُه على 2000 كم. الشِّعابُ المَرْجانيَّةُ تَعِجُّ بالأَحياءِ الحيوانيَّة، وهي مُهَدَّدةٌ بتَعاظُمِ الطَّلَبِ على المَرْجان، وبإدخالِ أنواعٍ جديدةٍ قد تُشَوِّشُ التوازُنَ الطبيعيَّ المُرْهَف.



لقد غدَتْ تِجارةُ المَرجان تَهْديدًا خَطيرًا لِمُسْتَقبلِ الشِّعابِ المَرْجانيَّة. فقد تزايدَ الطَّلَبُ السِّياحيُّ على المَرْجان ممّا شَجَّعَ تجّارَ المَرْجانِ على غَزْوِ الشِّعابِ المَرْجانيَّة، وفي بعضِ الحالات تدميرِها بالمُتَفَجِّرات.



غدا صَيْدُ الحِيتان مَوْضوعَ جِدالٍ وتَقْييدٍ عالميًّا. والخلافُ مُسْتَمِرٌّ رُغْمَ الأنشِطةِ الاحتجاجيَّةِ لِمُنظَّمة الخُضْر (المُنَظَّمة البيئيَّة غرينبيس). فالنَّروجُ واليابان مثلًا تَرْغبان في متابَعةِ صَيْدِ الحِيتان، لأنَّ لَحْمَ الحِيتان مَرْغوبٌ في كِلا البَلَدَيْن.



شِباكُ الجَرْفِ التي تَسْتَخْدِمُها بعض مَراكِبِ صَيْد السَّمَك قد يَبْلُغُ طولُها 100 كيلومتر. وقد سُمِّيَتْ أمثالُ هذه الشِّباكِ «جُدرانَ المَوْتِ الطافيَة»، لأنَّها لا تَحْتَبِسُ الأَسْماكَ فقط، بَلْ أيضًا عِدَّةَ مِئاتٍ من الطُّيورِ البَحْريَّة وأسماكِ القِرْش واللُّجَأَتِ ولَبُوناتِ البِحار كالدَّلافين – مع العِلْم أنَّ هذه الشِّباك عندما تُنْتَبَذُ تبقَى في الماء مَصائدَ مَوْتٍ طافيَة.

اُنْظُر أيضًا

أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض ص 444 – 445
تلَوُّثُ الماء ص 452
صِيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462

أَسْبابُ انقِراضِ الأَنواع

تَنْقرِضُ الأَنواعُ الحيوانيَّةُ عادةً بسبَبِ عَدمِ القُدْرةِ على التكيُّفِ مع الظُّروفِ المُناخيَّةِ المُتغَيِّرة. وقد تَسارَعَتْ نِسْبَةُ الانقِراضِ على النِّطاقِ العالميِّ منذُ بِداياتِ القَرْنِ السابعَ عَشَر.

الحيواناتُ البَرِّيَّةُ اليومَ مُعَرَّضةٌ لِمُشكلتَيْن: الأُولى انعِدامُ المَثوى (مواطِنِ العَيش) المُلائم، والثانية تدَخُّلاتُ البَشَر. فالتَّنافُس قائمٌ بينَ البَشَرِ والحيواناتِ البَرِّيَّة على مَواطِنِ العَيش، والبَشَرُ عادةً يفوزون.



بعدَ انقِراضِ الدَّيْنوصُورات منذُ حوالى 65 مليون سنة، قامَتِ اللَّبُوناتُ والطُّيورُ بأدوارِها على اليابِسَةِ كحيواناتٍ صَيَّادة. الدايَتْريما كان طائرًا ضَخْمًا مُفْزِعًا عاجِزًا عن الطيران؛ وكان السْميلُودون ضاريًا نَصْلِيَّ النابَيْن بحَجْمِ الأسد تقريبًا. وقد انقرضا كِلاهُما وحَلَّ مَحلَّهُما ضَوارٍ أشدُّ فعاليَّةً ونَشاطًا.

الانقِراضُ الطبيعيّ

أحيانًا تكونُ أسبابُ الانقِراضِ طبيعيَّةً. وهذه قد تكونُ تغَيُّراتٍ فُجائيَّةً في المُناخِ أو تَضاؤُلًا في المَدَدِ الغِذائيِّ أو مُنافَسَةَ أنواعٍ أُخرى مُتماثلةِ ظروفِ العَيش لكنْ أشدَّ فعاليةً. إنَّ أيًّا من هذه العوامِلِ مُفْردةً أو مُجْتَمِعةً، قد تُؤدِّي إلى الانقِراض. وقد اكتشَفَ العُلماءُ شواهِدَ على أحداثِ انقِراضٍ بالجُمْلة في الماضي – أشهَرُها اندِثارُ الدَّيْنوصورات والزَّواحف البَحْرِيَّةِ العِمْلاقة منذُ 65 مليون سَنة.

فَرْطُ الصَّيْد من أسبابِ الانقِراض

ظهورُ الكائناتِ البَشَرِيَّةِ الأُولى منذُ حوالى مليونَي سَنة أدخلَ ضاريًا جديدًا وقويًّا. حتَّى صيَّادو العَصْرِ الحَجَرِيّ أبادُوا أعدادًا كبيرةً من الحيوانات – إذْ كانوا يَحصُرون طرائدَهم من قُطعانِ البيسونِ والخُيولِ البَرِّيَّة لِتَسقُطَ من فوق الجُرُفِ الصخريَّة. أقوامُ ما قَبْلَ التاريخ كانوا يَصطادونَ الحيواناتِ طعامًا وهُمْ قَلَّما قَتلوا منها أكثرَ من حاجَتِهم. لكنْ كثيرًا ما كان حُلولُ البَشَرِ في الجُزُرِ مُدَمِّرًا جائحًا – فطُيورُ المُوَا العِمْلاقة في نيوزيلَنْدا تصيَّدَها الماووريُّون حتَّى الانقِراض.





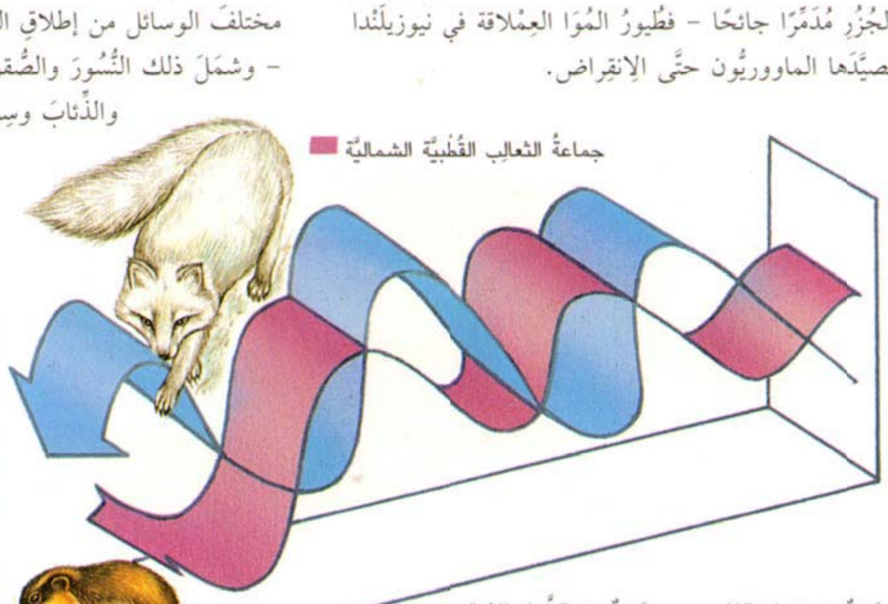
الدُّودُو والأَوْكُ الضَّخْم كلاهما وقَع ضَحيَّةَ الصيَّادين. الدُّودُو كان طائرَ جُزُر؛ والمَعْروفُ أنَّ الأنواعَ التي تَسْتوطِنُ الجُزُر تكونُ عُرْضةً للخَطَر من أيِّ وافِدٍ جَديد. أمَّا الأَوْكُ الضَّخْمُ فكان ضحيَّةَ المُوضَة والزِّينات. فقد استُخْدِمَ رِيشُه حَشِيَّةً للفُرُش بدَلَ رِيشِ بَطِّ العَيْدَر الذي هو أيضًا كان تقريبًا على وَشْك الإبادة. لكنَّ بَطَّ العَيْدَر نَجا، في حين انقرضَ الأَوْك.



نَبْتَةُ السَّيْفِ الفِضِّيّ في هاواي مُعَرَّضةٌ لِخَطَرِ رَعْيِ الأغنام والمَعْز الجائعة. يُضافُ إلى ذلك أنَّ التلقيحَ في هذه النباتاتِ لا يَتِمُّ إلَّا بِحَشَراتٍ مَحلِّيَّةٍ هي أيضًا مُعَرَّضةٌ للخَطَرِ بسبَبِ التنافُسِ مع أنواعٍ حَشَرِيَّةٍ أُدخِلَتْ حديثًا.

البَشَرُ والحيَوانات

مع تزايُدِ أعدادِ البَشَر، أخذوا يُدَجِّنون بعضَ الحيَوانات ويتعَقَّبونَ الأُخرى للإفادةِ من لُحومِها و جُلُودها أو قَصْد التَّريُّضِ والتَّسليَة. فقد أفردَ ملوكُ أوروبا غاباتٍ فَسيحةً خصِّيصًا لِصَيْدِ الغِزْلانِ والعُفورِ البَرِّيَّة لِموائدهم. ومنذُ أوائلِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، عَمِلتِ البنادقُ والأفخاخُ والسُّمُومُ على إيقاعِ خسائرَ فادحةٍ في الحياةِ البَرِّيَّة مُهْلِكةً أعدادًا أكثَرَ من الحيَوانات. وباستِخْدامِ المَزيدِ من الأَراضي للازدِراعِ أو تَرْبِيةِ المَواشي، أخذَ أصحابُ الأراضي والمَزارِع يعمَلون على إبادةِ الحيَواناتِ البَرِّيَّةِ التي اعتبروها آفةً أو خَطَرًا يُهَدِّدُ مَزارِعَهم. وهكذا شَنَّ المُزارعون حَرْبًا شَعْواء على أيِّ حيَوانٍ يُخْشى أنَّه قد يُهَدِّدُ حيَواناتِهم المُدَجَّنةَ مُسْتَخْدمين مختلفَ الوسائل من إطلاقِ النارِ أو نَشْرِ السُّمومِ والأَشراك – وشَمَلَ ذلك النُّسورَ والصُّقورَ والقِطَطَ البَرِّيَّةَ والثعالِبَ والذِّئابَ وسِواها من الضَّواري.

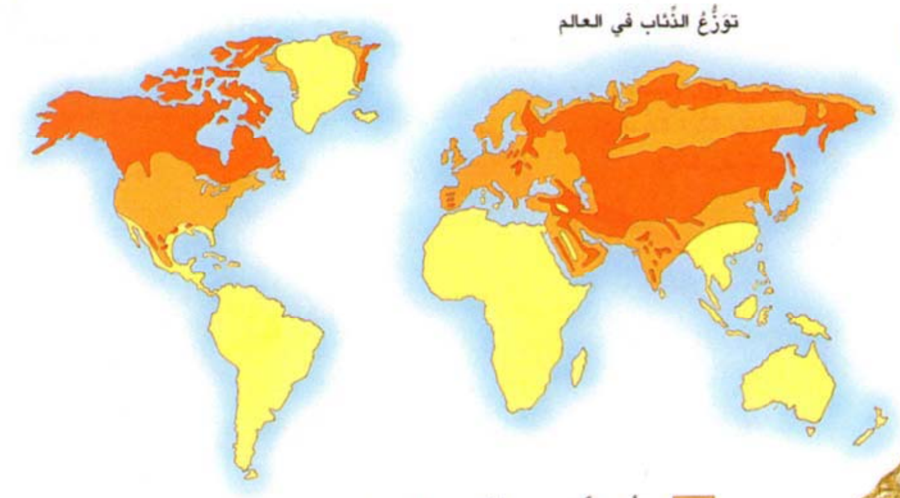


جماعاتُ الحيَوان تَفيضُ أعدادُها وتَغيضُ في دَوراتٍ طبيعيَّة. فمَع ارتفاعِ وهُبوطِ جماعة النَّوع المُفْتَرِس كاللَّواميس الفاريَّة، تَزْدادُ وتَتَناقَصُ أعدادُ مُفْترِساتِها، كالثعالِب، مُتَخَلِّفةً قليلًا زمانيًّا عن الضَّحيَّة. فمَزيدٌ من اللَّواميس يَعْني مَزيدًا من الطَّعام للثعالِب القُطْبيَّةِ الشماليَّة. لكنَّ تَزايُدَ اللَّواميسِ المُفْرِطُ قد يَعْني مَوتَها جُوعًا، أو هِجْرتَها بَحْثًا عن طعامٍ في موطِنٍ جديد.

توزُّعُ الذِّئاب

لقد عانتِ الذِّئابُ قُرونًا من اضطِهادِ البَشَر. وكانت هذه الضَّواري الذكيَّةُ والسَّهلةُ التكيُّفِ واسعةَ الانتِشار في ما مَضى. لكِنَّ انتِشارَها اليومَ تدَنَّى كثيرًا. فالصَّيْدُ والتَّسْميمُ أدَّيا إلى انقِراضِ العديدِ من أنواعِها الفَرعيَّة. وتتواجَدُ الآنَ أعدادٌ ضئيلةٌ من الذِّئابِ في أمريكا الشماليَّةِ وآسيا وأقَلُّ منها في أوروبا والشرق الأَوْسط.

توزُّعُ الذِّئاب في العالم



توزُّع الذِّئابِ في العُصور الماضية

توزُّعُ الذِّئاب في العَصْر الحاضِر



الطُّيورُ المُنْقَرِضة

طائرُ الدُّودُو كانَ طائرًا ضَخمًا ذا أجنحةٍ بالِغَةِ الصِّغَر فلا يستطيعُ الطيران؛ وكان يَسْتوطِنُ جزيرةَ مُوريشَس في المُحيط الهِنْدي. وفي بداياتِ القَرْنِ السادِسَ عَشَر كان البَحّارةُ النازلون في شواطئ تلك الجزيرة يَجدونَ في طُيورِ الدُّودُو الخَرْقاء صَيدًا سهلًا. كما إنَّ القِططَ والجِرْذانَ التي حمَلَتْها سُفنُهم إلى الجزيرة سطَتْ على بُيوضِ الدُّودُو وفِراخِها. وفي أقَلَّ من 100 عام، لم يَبْقَ من الدُّودُو سِوى بعضِ الرُّسومِ والعِظامِ وعَيِّنةٍ واحدةٍ مُحَنَّطة.

ولاقَى طائرُ الأَوْكِ الضَّخْمُ العديمُ الطيران المَصيرَ ذاتَه، وكان يُعتَبَرُ «بِطْريقَ» البحار الشماليَّة. وظَلَّ الأَوْكُ قليلَ الأعداءِ في مَواطِنِه الجُزُريَّةِ حتَّى جاءَها البَشَرُ وراحوا يقتلونه لِلَّحم والزُّيوت، ثُمَّ لأَجْلِ رِيشِه. فكانت السُّفنُ العابِرةُ تَغزو مَواطِنَ تَعْشيشِه فلا تُبْقي ولا تَذَرُ. وبِحُلولِ عام 1844، لم يَبْقَ من هذه الطُّيورِ سِوى طائرَيْن وبَيْضةٍ أجْهَزَ عليها صائدا سَمَكٍ أيسلَنْديَّان - فقتَلا الزَّوْجَ الأَخيرَ من طُيورِ الأَوْك وحَطَّما البَيْضة.

مَصيرُ الذِّئاب

المُزارعونَ مُرَبّو الحيوانات يَعتبرون الذِّئابَ خَطَرًا داهِمًا يُهَدِّدُ قُطعانَهم من الأغنام والمواشي. في القارَّةِ الأوروبيَّة لم يبْقَ الآنَ سِوى جَماعاتٍ مُشَتَّتةٍ من الذِّئاب في إسبانيا والبَلْقان وإيطاليا. وكانت الذِّئابُ الرَّماديَّةُ، في ما مضَى، وَفيرةً في أمريكا الشماليَّة لكِنَّها حُورِبَتْ بالسُّموم والرَّصاصِ دُونَ رَحْمةٍ حتَّى تَمَّت إبادَتُها أواخِرَ القَرْنِ التاسعَ عشَر. لقد استَخْدمَ الصيَّادون طُعومًا مُسَمَّمةً بالستركنين فكان تأثيرُها أوسَع نِطاقًا إذْ قَتَلَتْ كُلَّ من تناوَلَها من ذِئابٍ وثعالِبَ وذِيابٍ وسنَّورِيَّاتٍ ونُسورٍ وغِرْبان. كما طالَتْ تلك الطعومُ إمداداتِ المياه أيضًا ولَوَّثَتِ العُشْبَ فأهلكَتِ الخَيْلَ والجواميسَ البَرِّيَّة (البَيسونات) والظِّباء.

إنقاذُ النُّمور

في ما مضَى كان هنالك ثمانيَةُ أنماطٍ من نَوع النُّمور - انقرضَتْ منها النُّمورُ الباليَّةُ والقَزوينيَّةُ والجاويَّةُ ما بين الأربعينيَّاتِ والثمانينيَّاتِ من القَرْنِ العِشْرين. أمَّا النُّمورُ السَّيْبيريَّةُ والسُّومَطريَّةُ والهِنْديَّة الصِّينيَّةُ والصِّينيَّةُ الجَنُوبيَّة فنادِرةٌ جِدًّا؛ ولم يتبقَّ من النُّمور البنغاليَّة في الهِنْد حاليًّا إلَّا حوالَى 5000.



النُّمورُ، أمثالُ هذا النَّمِر الأمهَق تتوالَدُ بنَجاحٍ في الأَسْر. لكِنَّ بقاءَها في مَواطِنِها البَرِّيَّةِ مَشكوكٌ فيه. فهي تَحْتاجُ إلى مَواطِنَ شاسعةٍ من البَراري حيثُ يُمكِنُها الإصطياد؛ وهذه المواطِنُ البيئيَّةُ مُهَدَّدة. وهي حتَّى في المَحْميَّات غيرُ آمنَةٍ من مُسْتَرِقي الصَّيْد الذين يتصيَّدونها خُلسَةً لأجل جُلُودِها أو لِتُسْتَخْدَمَ في عقاقيرَ تقليديَّةٍ آسيويَّة.



البَنْدا العِمْلاق مُهَدَّدٌ بالإنقِراض بسبَبِ غذائه المَقصور على أغْصانِ الخَيْزُران الطريَّة. فإذا هلَك الخَيْزُرانُ هلكَتْ معه البَنْدات. ولمَّا كان تواجدُها بَرِّيَّةً مُقتصِرًا على الصِّينِ فقطْ، فإنَّ البَنْداتِ العِمْلاقةَ هي من الأنواع الأكثَرِ تهدُّدًا بالإنقِراض.



صيدليَّةٌ صِينيَّةٌ تَعرِضُ عِظامَ نُمورٍ وأفراسِ بَحْرٍ للبَيْع كعقاقير - جَنْبًا إلى جَنْبٍ مع أدْويةٍ نَباتيَّةِ المَنْشأ. إنَّ الطَّلَبَ المُتزايدَ على العِلاجاتِ التقليديَّةِ الحيَوانيَّة يُضِيفُ عُنْصُرًا مُهَدِّدًا إضافيًّا لأنواعِ الحيَواناتِ التي هي بدون ذلك مُهَدَّدة بالإنقِراض.

أُنْظُر أيضًا

الحَيُّومات والمَواطِنُ البيئيَّة ص 68
التوازُنُ الطبيعيُّ ص 434 - 435
أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالإنقِراض ص 444 - 445
صِيانَةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 - 463

أَنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض

الكثيرُ من الأَنواع الحيوانيَّة مُهَدَّدٌ بخَطَرِ الانقِراض – إمَّا نتيجةً لِفَرْطِ الصَّيْد أو لأَنَّ مَواطِنَها البيئيَّةَ يُهَدِّدُها التَّدْمير. كما إنَّ البشَرَ قد يُدخِلونَ حيواناتٍ أُخرى مُنافِسةً تَحُلُّ مَحَلَّها.



بعضُ السنَّوريَّات المُرَقَّطة، كهٰذا النَّمِر الآسيويّ، تُصْطادُ لِفرائها. كما إنَّ المُزارعينَ يَعْتَبرون أمثالَ هذه الضَّواري الضخمةِ خَطرًا على مَواشِيهم.

تدميرُ المواطِنِ البيئيَّة هو الخَطَرُ الرئيسيُّ الذي يُهَدِّدُ الحيواناتِ بالإنقِراض. فحيواناتُ الحِراجِ المَداريَّةِ يَتزايَدُ خَطَرُ انقِراضِها بتزايُدِ عمَلِ المَناشيرِ السِّلْسِليَّةِ والجَرَّافاتِ التي يَسْتَخْدِمُها الناسُ في جَثِّ الحِراجِ طَلَبًا لأَخشابِها أو لِتَفْضِيَةِ الأرضِ لأغراضِ الزِّراعةِ وإنشاءِ المَزارِع. فبعضُ الحيواناتِ، كالقِرَدةِ العُلْيا والسَّعادين، وبعضِ اللواحِم كالنُّمور والفُهودِ لن تَسْتَطيعَ البَقاءَ على قَيْدِ الحياة ما لَمْ تَتوفَّرْ لها مناطِقُ شاسِعةٌ للعَيْشِ والإغتذاء.

تِجارةُ الجُلُود

المُوضاتُ والبَهْرَجاتُ الزِّينيَّة تُسْهِمُ أيضًا في اندِثار أو قُرْبِ اندِثار العديدِ من الأنواعِ الحيوانيَّة. فهنالكَ طيورٌ، كالبَلَشُونِ الأَبيض، يجري تَصَيُّدها بلا هَوادةٍ طلَبًا لِريشِها. وتُقْتَلُ بعضُ الأفاعي والتماسيحُ لأَجْلِ جُلُودِها المُسْتَخْدَمةِ في صُنْعِ الحقائبِ اليَدَويَّة والأحزِمَةِ والأحذِيَةِ النِّسائيَّة. ولا تَزالُ الفِراءُ المُرقَّطةُ لِبَعْضِ السنَّوريَّات، كالنُّمور والبُبُور النادِرةِ تُصَنَّعُ مَعاطِفَ للزبائنِ الأثرياء – رُغْمَ تراجُعِ تِجارةِ الفِراء أمامَ الإنتِقاداتِ المُتَنامِيَةِ من مُسْتَكْرِهي تِجارةِ الفِراء.



الحِدَأَتُ الحَمْراءُ قَمَّاماتٌ مُفيدةٌ. سالِفًا كانت هذه الجَوارحُ شائعةً مألوفةً؛ ثُمَّ حُورِبَتْ من قِبَل المُزارعين وحارسي الحِراج. لكنْ يجري حاليًّا استِزادةُ أعدادِها.

هُواةُ التَّجْميع والحيواناتُ المُدَلَّلة

في القَرْنِ التاسِعَ عشَر، دَرجَ هُواةُ التَّجْميع على استِجْماعِ بُيُوضِ الطُّيور، وحَشَراتٍ كالفَراش، لِعَرْضِها في بُيُوتِهم. كما دَرجَ صَيَّادو الطرائد الكِبار على قَنْصِها وحِفْظِها أو حِفْظِ أجزاءٍ منها كمَفْخَرةِ صَيْد. إنَّ أمثالَ هذه الأَنْشِطة مَكروهةٌ اليومَ لكِنَّ بعضَ الناس لا يَزالون يُغيرون على أَعشاشِ الطُّيورِ النادرةِ ويَسْلِبُوها بيوضَها، أو يَبْتاعونَ الحيواناتِ الغريبَةَ أو الظريفةَ، كالبَبَّغاواتِ والسَّلاحِف، لاِقتِنائها كحيَواناتٍ مُدَلَّلة. إنّ تِجارةَ الحيواناتِ المُدلَّلةِ تَجْتَلِبُ آلافَ الحيوانات سَنَويًّا من مواطِنِها البَرِّيَّة، والكثيرُ منها يَقْضي نَحْبَه حتَّى قَبْلَ التوصيلِ إلى مُريديها.



الصُّفْرد (ويُسَمُّونه السَّلْوى أيضًا) طائرٌ نادِرٌ يَسْتوطِنُ السُّهوبَ العشبيَّةَ، كان يَزْدَهِرُ سالِفًا في مواسِمِ حَصاد القَمْح، لكِنَّه حُرِمَ ذلك باستِحْداثِ أساليبِ الحصَّادات الدرَّاسَةِ والحَصادِ المُبَكِّر.

المُتاجَرةُ بالحياةِ البَرِّيَّة

إضافةً إلى أنَّ ملايينَ الحيواناتِ البَرِّيَّةِ تُصادُ أو تُقْتَلُ سَنَويًّا لأَجْلِ جُلُودِها، فإنَّ أعدادًا أُخرى تُقْتَلُ لِلحُصول على أجزاءٍ مُعَيَّنَةٍ من جِسْمِها. فالكَرْكَدنَّاتُ مثلًا تُقْتَلُ بِبَنادِقِ لُصوصِ الصَّيْد لِتُصَنَّعَ قُرونُها مَقابِضَ خَناجِرَ يَشْتَدُّ عليها الطَّلَبُ في بعضِ أنحاءِ الشرق الأوسط. كذلك تُصطادُ الفِيَلةُ لأَجْلِ أَنيابِها. فالحُلَى العاجيَّةُ لا تَزالُ تُباعُ للسُّيَّاح، رُغْمَ الإتِّفاقاتِ الدوليَّةِ لِحمايةِ الفِيَلة، التي تَحْظُرُ المُتاجرةَ بالعاج.

التلَوُّث

خَطَرُ التلَوُّث يُهَدِّدُ جميعَ الحيواناتِ لأَنَّها، كالإنسان، بِحاجةٍ إلى ماءٍ نَقِيٍّ وطَعامٍ نَظيف. فحيَواناتُ الأَنهارِ والبُحَيْرات، بخاصَّةٍ، حَسَّاسةٌ جدًّا لِلتغَيُّراتِ في بيئاتِها. ففي الخَمْسينَ سَنةً الماضيةِ انْسُطِفَتْ مُبيداتُ الآفاتِ الزراعيَّةِ والأَسْمدةُ والنُّفاياتُ الكيماويَّةُ في الأَنهار. فأدَّى ذلك إلى تَدَنِّي أعدادِ عِدَّةِ حيوانات، كالقُضاعاتِ الأُوروبيَّةِ وبَعْضِ أنواعِ الأسماك واللّافقاريَّات.

وفي خَمْسينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين عانَتْ بعضُ جَوارحِ الطَّيْر، كالبَازِ الجَوَّال، على نَحْوٍ خَطيرٍ باستِخْدامِ المُبيداتِ الحَشَريَّةِ الكيماويَّة (مثل الـ دي دي تي). فدَخلَتْ سُمومُ هذه الكيماويَّاتِ في السِّلْسِلةِ الغِذائيَّةِ وأثَّرتْ سَلْبيًّا في عَمليَّةِ التكاثُرِ بحيثُ ما عادَ يَفْقِسُ سِوى القليلِ من الفِراخ.

في القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، كان المُزارعونَ وحُرَّاسُ الطرائد



نَباتاتٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض

حوالى 10 بالمئة من مُجْمَلِ أنواعِ النَّباتِ في العالَم مُدْرَجةٌ حاليًّا في قائمةِ النَّباتاتِ المُهَدَّدةِ بالانقِراض. والنَّباتاتُ البَرِّيَّةُ موردٌ جِينيٌّ غَنيٌّ، لكنَّها حيثُما توجَدُ مُهْمَلةٌ ومَتْروكةٌ للانقِراض – رُغْمَ أنَّ كَثْرةً مَجْهولةً منها قد تكونُ مُهِمَّةً مُسْتَقْبَلًا كطَعامٍ أو دَواء. فالمُزارعون والمرَبُّونَ على السَّواءِ يُرَكِّزون على ازْدِراعِ الأقلِّ من الأنواعِ الرئيسيَّة. لكنْ مُؤَخَّرًا استُحْدِثَتْ مَحْميَّاتٌ وبنُوكٌ جِينيَّةٌ لِحِمايةِ المَثيلاتِ البَرِّيَّةِ القَريبة لأنواعِ الزُّرُوع – فهنالك، مثلًا، 000 12 صِنْفٍ من القَمْحِ والذُّرَة. ولَعَلَّ شَرِكاتِ أبحاثٍ ناشِطةً تُنَمّي نباتاتٍ جديدةً مُسْتَقْبَلًا وتحتَفِظُ بحَقِّ تَسْويقِها إضافةً إلى أصنافِ مُبيداتِ الأعشاب التي تُرافِقُها والتي على المُزارعينَ شِراؤُها.



سَحْلبيَّةٌ (أُرْكيدةٌ) خُفُّ السَّيِّدة مَرغوبةٌ لِجَمالِها الباهِر. ومُربُّو الأزهارِ والحدائقيّون يُعْنَونَ بالكثيرِ من أمثالِ نباتاتِ الزِّينة النادِرةِ هذه. ورُغْمَ ذلك، فإنَّ بَعْضَها لا يَزالُ يُؤخذُ من مَواطِنِه البَرِّيَّة.



الكَرْكدنّاتُ السُّودُ والبيضُ الإفريقيةُ، مُهَدَّدةٌ بالانقراض نتيجةَ التصَيُّدِ طَلَبًا لِقُرُونِها. والكَرْكَدنّاتُ الآسيَوِيَّةُ نادِرةٌ أيضًا بسبَبِ فِقدانِ مَواطِنِها الحِراجيّة.

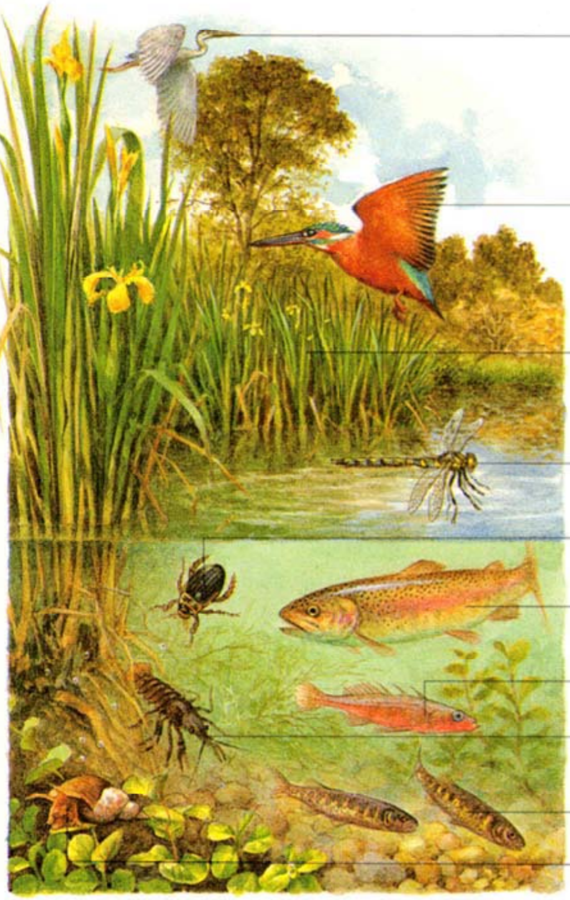
يَقْنِصونَ بِبَنادِقِهم الكثيرَ من الطُّيورِ الجَوارِح، كالصُّقور والنُّسور، لحِمايةِ دواجِنِهم وتُدْرُجاتِهم. كَثْرةٌ من الطُّيورِ الجوارِح مَحْمِيَّةٌ حاليًّا، لكِنَّها لا تَزالُ تُواجِهُ الخطَرَ مُسْتَقْبَلًا.

الأَنواعُ الدَّخيلة

إدخالُ الأَنواعِ إلى بيئةٍ جديدةٍ قد يكونُ له تأثيراتٌ هَدّامةٌ وغَيْرُ مُتوَقَّعَة. فالصَّبّارُ (التينُ الشَّوكيّ) الذي جُلِبَ إلى أُستراليا من أمريكا الجَنوبيَّة سُرعانَ ما أَغَصَّ المَراعي وعَطَّلها. والأرانِبُ التي أُدخِلَتْ إلى أُستراليا أوائلَ القرنِ التاسعَ عشَر، غدَتْ بِسُرعةٍ آفاتٍ خطيرة. ومِثْلُها أيضًا علاجيمُ القَصَبِ البَرْمائيَّة التي أُدخِلَتْ إلى أُستراليا من أمريكا الوُسْطى في ثلاثينيّاتِ القرنِ العِشْرين لِمُكافحةِ الخنافِسِ التي كانت تأكُلُ قَصَبَ السُّكَّر. فالعَلاجيمُ لم تَكْتفِ بالخنافِسِ بَلْ راحَتْ أيضًا تأكُلُ الضَّفادعَ المَحَلِّيَّةَ والعَظاءاتِ والطُّيورَ وكائناتٍ أُخرى. فغدا عُلْجومُ القَصَب، بِحَدِّ ذاتِه، آفَةً خطيرة.



هذه الپِراكيتُ (الببَّغاوات المُتَيَّمة) الحمراءُ الرؤوسِ تَنْتَظِرُ مُشْتَرين من السُّيّاح في سَاوْ تُومي، بغربي إفريقية. والمَعْروفُ أنَّ الطُّيورَ البَرِّيَّةَ التي تُصادُ لِتجارةِ الحيواناتِ المُدَلَّلةِ لا تَحْتَمِلُ صَدْمَةَ الأسْرِ في الأقفاصِ لِفَتْرةٍ طويلة.



تتأثَّرُ الأنهارُ والبُحَيْراتُ بالتلَوُّث والاستِخْدامِ الاستِجْماميّ كالرِّياضاتِ المائيَّة. وكذلك أيضًا تتأثَّرُ جماعاتُ الحياةِ البَرِّيَّةِ، المُتوازِنةُ التي تعتَمِدُ على مياهٍ خالِيَةٍ من التلَوُّث.

حَدائقُ الحيَوان

مُشاهَدةُ دُبٍّ في مَحْمِيَّةٍ أو أسَدٍ في حَديقةِ الحيَوانات هي، بالنِّسْبةِ لكثيرٍ من الناس، أَقْرَبُ ما يكونُ لِمُشاهَدةِ حيوانٍ في مَوطنِه البَرِّيّ. فحَدائقُ الحيَوان تُؤدِّي دَورًا مُهِمًّا في الحِفاظِ على الطبيعةِ والبيئةِ الطبيعيَّةِ عَبْرَ التعليمِ وعن طريقِ مَشاريعِ الإستيلادِ لإنقاذِ الأنواعِ النادِرة. لقد أصبَحَتْ بعضُ الحيواناتِ نادِرَةً جِدًّا في مَواطِنِها البَرِّيَّة – بحيث هبَطَتْ أعدادُها إلى أقَلَّ من 20 فَرْدًا – وغدا الإستيلادُ في الأَسْرِ فُرْصَتَها الوَحيدةَ لإنقاذِ النَّوعِ من الإنقِراض.

المُتنزَّهاتُ الوَطنيَّة

تُوَفِّرُ المُتنزَّهاتُ والمَحْمِيّاتُ، التي يُحْظَر فيها الصَّيْدُ، حَرَمًا للحيواناتِ البَرِّيَّة. فقد أُقيمَتِ المَحْمِيّاتُ الطبيعيَّةُ لأوَّلِ مَرَّة، وعلى نِطاقٍ واسع، أواخرَ القرنِ التاسعَ عشَر. وكان الأوَّلَ بينها مُتنَزَّهُ يَلُوسْتونَ الوطنيّ في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة. وبالحِماية، يُمكِنُ زيادةُ أعدادِ الحيوانات النادِرة – فالمَهاةُ العَرَبِيَّة، مثلًا، استُولِدَتْ بنَجاحٍ في الإماراتِ العربيَّةِ المتَّحدة. وبعضُ الحيواناتِ المُسْتَولَدةِ في الأَسْرِ أُعيدَتْ إلى صَحاريها المَحَلِّيَّةِ الأصليَّة؛ وهي مُعَرَّضةٌ الآنَ لِخَطَرِ قَنْصِ الصيّادين.



التلَوُّثُ الكيماويُّ والصِّناعيُّ قد يُبيدُ جَماعاتٍ كامِلَةً من الأسْماك. والمياهُ المُلَوَّثةُ قد تَسْتَغْرِقُ سِنينًا كي تُسْتَعادَ نَظافَتُها.

اُنْظُر أيضًا

التوازنُ الطبيعيّ ص 434 – 435
أسْبابُ انقِراضِ الأنواع ص 442 – 443
تلَوُّثُ الماء ص 452
صِيانَةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 – 463

الانفِجارُ السُّكَّانيّ

ظَلَّ عَددُ سُكَّانِ العالَم يتنامى بِبُطءٍ حتَّى العَقْدِ الأوَّل من القرنِ السابعَ عشَر. فارتفعَ من 150 مليون، عام 100 م، إلى حوالَى 500 مليون في العام 1600. ثُمَّ تسارعَتِ النِّسْبَةُ بِشَكْلٍ مَلْحوظ.

بحُلولِ العام 1850، وفي أوْجِ الثَّورةِ الصِّناعيَّةِ في أوروبا وأمريكا الشماليَّة، تضاعَفَ عَدَدُ سُكَّان العالَم إلى ما يَزيدُ على 1000 مِليون نَسَمة. حاليًّا، هنالكَ أكثَرُ من خَمْسةِ أضعافِ هذا العدد من السُّكَّانِ فوقَ كَوكبِنا.

الهِجْرة

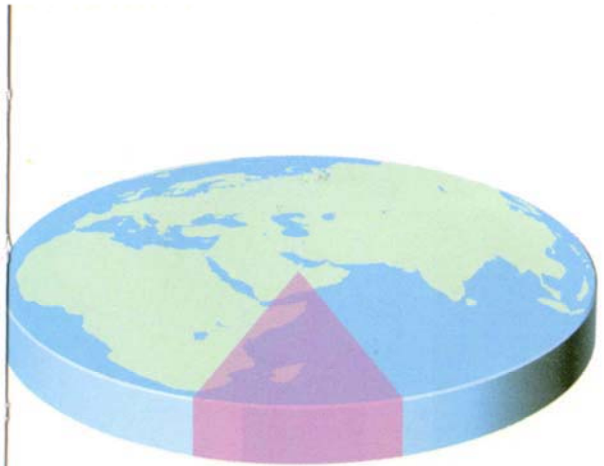
الهِجْرةُ، أو انتِقالُ الناس من بَلَدٍ أو قارَّةٍ إلى بلَدٍ أو قارَّةٍ أُخرى، يُؤثِّرُ كثيرًا في النمُوِّ السُّكَّانيِّ. ففي القرنِ التاسعَ عشَر، هاجرَ ملايينُ الناس من أوروبا إلى كَنَدا والولاياتِ المتَّحِدة الأمريكيَّة بَحْثًا عن حياةٍ أفْضَل. واستوطَنَ آخرونَ أُستراليا ونيُوزيلَنْدا. وخِلالَ القرنِ العِشْرين، انتقلَ مُهاجرونَ بالملايينِ من آسيا وإفريقية وأمريكا الوُسْطى إلى الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة وأوروبا سَعْيًا وَراءَ تعليمٍ أفْضَلَ ورِعايةٍ صِحِّيَّةٍ أحْسَن.

أَسْبابُ النمُوِّ السُّكَّانيّ

تزايدُ النُّمُوِّ السُّكانيِّ الانفِجاريِّ على مَدى الـ 150 سَنةً السالفة لم يَكُنْ سَبَبُه تزايُدَ الإنجاب، بَلْ تَزايُدُ مُعدَّلِ العُمْر – حيثُ صارَ الناسُ يَعيشون أعمارًا أطولَ. فمَعَ أنَّ نِسَبَ المَواليدِ ظَلَّتْ تقريبًا على حالِها، فإنَّ نِسَبَ الوَفَياتِ هَبَطَتْ بِشَكْلٍ لافِت. فزادَ عددُ الأولاد الذين يَبْلغونَ سِنَّ الرُّشْد، بفَضْلِ تَزايُدِ المَدَدِ الغِذائيِّ وتَحسُّنِ وسائلِ الصِّحَّة العامَّة.

إنَّ نِسَبَ المَواليدِ والوَفَياتِ اليومَ في البُلدانِ المُتطوِّرة مُتَساويَةٌ تقريبًا؛ والنمُوَّ السُّكانيَّ بَطيءٌ أو مَعدومٌ؛ بَلْ إنَّه في بعضِ البُلدانِ المُزْدهِرة، كألمانيا والسُّويد، في تَناقُصٍ مَلْحوظ.

أمَّا في أقطارِ العالَم النَّاميةِ، فإنَّ نِسَبَ الوَفَياتِ تَدَنَّتْ باطِّرادٍ منذُ خَمْسينيَّاتِ القرنِ العِشْرين، بفَضْلِ تطَوُّرِ الخدماتِ الطِّبِّيةِ وتَحسُّنِ الرِّعايةِ الاجتِماعيَّةِ للأطفال. وقد جارَى الإنتاجُ الزراعيُّ تَزايُدَ السُّكَّانِ فَتْرةً. لكِنَّ تزايُدَ عَددِ السُّكَّان في بعضِ مناطقِ العالَم، كان أسْرَعَ من أن يُجاريَه إنتاجُ الغِذاء. ففي كينيا، بإفريقية، مثلًا، وبِحسَبِ النِّسَبِ الحاليَّةِ يَتَضاعَفُ عددُ السُّكَّان كُلَّ 17 سَنةً. ففي أنحاءٍ كثيرة



يَشْغَلُ سُكَّانُ الأرض البالِغُ عددُهم قُرابةَ السِّتَّةِ بَلايينَ نسَمةٍ حوالَى 15 بالمئة فقط من مِساحَةِ اليابِسَة. فمُعْظَمُ مِساحاتِ الكوكَبِ الشاسِعَةِ الأُخرى هي إمَّا أحَرُّ جِدًّا أو أبْرَدُ جِدًّا من أنْ تُعيلَ مَجموعاتٍ سُكَّانيَّةً بِشَكْلٍ دائم.



كان على المُهاجِرين، كهٰذه العائلةِ الإيطاليَّةِ الوافدةِ إلى نيُويورك أوائلَ القرن العِشْرين تَعَوُّدُ الإقامةِ في بلادٍ غريبةٍ وتَعلُّمُ لُغَةٍ جَديدةٍ وإيجادُ عملٍ لِكَسْبِ الرِّزْق. وقد تمَكَّنَ مُعْظَمُهم من تَحْقيقِ ذلك بِسُرعة، فأصبحوا أمريكيِّينَ جُدُدًا فيما ظَلُّوا مُحْتَفظين بتَقاليدِهم الثقافيَّةِ القديمة. حاليًّا، هنالكَ مَلايينُ المُهاجرينَ المُعاصرينَ الذين يَنْشُدون أيضًا حياةً جديدةً في بُلدانٍ أُخرى.



ارتفَعَ عددُ سُكَّان العالَم بِبُطءٍ في الألْفِيَّةِ الأُولى. وخِلالَ الألفِيَّةِ الثانية، بدأ تَعدادُهم يتَزايدُ بِسُرعةٍ اكثر. ويَتوقَّعُ الخُبَراءُ تباطُؤَ هذا التزايُدِ في الألفيَّةِ الثالثة.



الكثافةُ السُّكَّانيَّةُ في القارّات

◄ هذه الخريطةُ تُبَيِّنُ مناطِقَ العالَم ذات الكثافة السُّكَّانيَّةِ الأعلى (بالشخص في الكيلومتر المربَّع). فأوروبا وجنوبُ شرقيِّ آسيا هما أكثَرُ المناطق كثافةً سُكَّانيَّةً في العالَم (مُبَيَّنةً بالكُتْلتَيْن الأطول). أمَّا أستراليا فهي أقَلُّ المناطقِ كثافةً سُكَّانيَّةً.



آلافُ الأَولاد يَتضوَّرون جُوعًا في المناطقِ التي تَضْرِبُها المَجاعَةُ سَنَويًّا. عُمّالُ الإغاثةِ يَسْتطيعون المُساعَدة إلى حَدٍّ ما، لكنْ فقطْ المَشاريعُ الطويلةُ الأَمَدِ والجَيِّدةُ التمويلِ هي التي ستَقْضي على المَجاعةِ في العالَم.

من إفريقيَةَ، يُشكِّلُ الأَولادُ 45 بالمئة من عددِ السُّكّان. وهذا مُغايرٌ للنِّسَبِ السُّكانيَّةِ في أوروبا وأمريكا الشماليَّة، حيثُ نِسْبَةُ الشَّيْخوخة بين السُّكّانِ تَتَزايَدُ باطِّراد.

توزُّعُ السُّكّان

آسيا هي الأكثرُ سُكّانًا بفارقٍ بعيدٍ بَين قارّاتِ العالمِ السَّبْع. فمِن بين كُلِّ عشَرة أشخاصٍ من سُكّان العالَم سِتَّةٌ منهم يَعيشون في آسيا. مع العِلْم أنَّ الصِّينَ والهِنْد وَحْدَهُما تَضُمّان 40 بالمئة من هؤلاء السُّكّان. ففي بِدايةِ القرنِ الحادي والعِشْرين كان عددُ سُكّان الصِّين 1,3 بليون نَسَمة تَليها الهِنْد ببليون نَسَمة، ثمَّ الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة (بـ 276 مليونًا) فإندونيسْيا (بـ 209 ملايين) فالبَرازيل (بـ 168 مليونًا).

وفيما تُنجِبُ المرأةُ العاديَّةُ في أوروبا أو أُستراليا أو اليابان وَلَدًا واحدًا أو اثنين فقَطْ، فإنَّ مَثيلتَها في إفريقيةَ وآسيا تُنجِبُ سِتَّةَ أو سَبْعةَ أولاد. فالعائلةُ الكبيرةُ لا تَزالُ هي المِعيارُ في الكثيرِ من البُلدانِ الفَقيرة – حيثُ نِسْبَةُ وَفَياتِ الأطفال مُرْتَفِعةٌ، والوالدَيْن بحاجَةٍ إلى الأولاد للقيامِ بعَمَلٍ مُجْدٍ والإسهامِ في إعالَتِهما عند الشَّيْخوخة.

نِسْبَةٌ كبيرةٌ من النِّساءِ في البُلدانِ الفَقيرة ما زِلْنَ يَجِدْنَ صُعوبَةً في الحصُولِ على إرشاداتِ مَنْعِ الحَمْلِ لِمُساعدَتِهِنَّ في تَنْظيمِ حَجْمِ أُسَرِهِنّ. وقد وضعَتْ بعضُ الحُكومات برامِجَ صارِمَةً لِتَحْديدِ النَّسْل وكَبْحِ النُّمُوِّ السُّكّانيّ. ففي الصِّين حُدِّدَ عَددُ الأولادِ بواحدٍ لِكُلِّ عائلة. وقد جَعلَتْ سِياسةُ التنظيمِ العائليِّ الصارِمةُ هذه عددَ سُكّان الصِّين أبطأَ تناميًا من عَددِ سُكّانِ الهِنْد حيثُ يُولَدُ 30 طِفْلًا في الدقيقة. وتُقَدِّرُ الأُمَمُ المُتَّحدةُ أنَّه، بِنِسْبةِ النُّمُوِّ الحاضِرة، فإنَّ عدَدَ سُكّان الهِنْدِ سَيَفوقُ عددَ سُكّان الصِّين بِحُلولِ العام 2015، وبذلك تُصبِحُ الهِنْدُ البلدَ الأكثرَ سُكّانًا في العالَم.

التَّعْليمُ والتطوُّر

تَعْليمُ النِّساءِ عامِلٌ رئيسيٌّ في مَوضوعِ النُّمُوِّ السُّكّانيّ. فالنِّساءُ المُتَعلِّماتُ والمُثَقَّفاتُ يَنْزِعْنَ إلى إنجابِ عَددٍ أقلَّ من الأولاد. وعلى العموم فإنَّه في المُجْتَمعاتِ ذاتِ المُسْتَوى الحياتيِّ العالي يكونُ النُّمُوُّ السُّكّانيُّ بَطيئًا. وفي المُسْتَقْبل سيَجري التحكُّمُ في عَددِ السُّكّان إمّا عن طريقِ تحديدِ النَّسْل وتَنْظيم الأُسرةِ والتَّحْسينِ الاقتِصاديّ – أو نتيجَةً للجُوعِ والمَرَض، كما حدثَ عِدَّةَ مرّاتٍ عَبْرَ التاريخ.



تَزايدُ السَّفَرِ الدَّوليِّ الجَوِّيِّ السَّريع بالطائرات، سَرَّعَ انتِقالَ الناسِ – من رجالِ أعمالٍ وسُيّاحٍ ومُهاجرينَ على النطاقِ العالميّ. مُعْظَمُ حُكوماتِ العالمِ تَفْرِضُ أنظِمَةً للتدقيقِ في أوضاعِ المُسافرينَ وضَبْطِ أعدادِ المُهاجرينَ الداخلين إلى البَلَد.



هذا المُلْصَقُ في الصِّين يَحُثُّ الناسَ على تَحديدِ النَّسْل وإنجابِ وَلَدٍ واحدٍ للعائلةِ الواحدة. والرِّسالَةُ بَسيطةٌ: وَلَدٌ واحِدٌ يَعْني حياةً أفْضَل. وكانت الصِّينُ قد فرَضَتْ سياسَةَ تَحديدِ النَّسْل بِصَرامةٍ بالغةٍ، لكِنَّها بدأَتْ بتَخْفيفِها أواخِرَ عَقْدِ التِّسْعينيّات من القرنِ العِشْرين. وتجِدُ بعضُ البُلدان صُعوبةً أكبرَ في إقناعِ الناس بالتخَلّي عن نِظامِ العائلةِ التقليديَّةِ الكبيرة.



مَجْموعةٌ من المُتَقَدِّمين في السِّنّ يَسْتَمْتِعون بِدَورةِ تَدْريباتٍ رياضيَّةٍ مائيَّةٍ في أريزونا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. في البُلدان الغَنيَّةِ المُتقدِّمة تَتَزايَدُ أعدادُ السُّكّان الذين يَعيشونَ أعمارًا أطولَ. والكثيرُ من المُتَقاعدينَ يَبْقَونَ على نَشاطِهم حتّى وهُم في الثمانينيّاتِ من أعمارِهم.

أُنْظُر أيضًا

إنتاجُ الأغذية ص 230 – 231
الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزِّراعيَّة ص 448 – 449
سُكْنَى المُدُن ص 450 – 451

الغِذاءُ والتِّقاناتُ الزِّراعيَّة

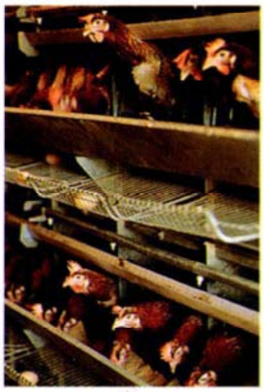
يُنتِجُ المُزارعون مُعظمَ أغذيتنا والكثيرَ من المُنتَجاتِ في الموادِّ التي نَستَخدِمُها. والأراضي الصالحةُ للزراعة موردٌ طبيعيٌّ محدود يَنبَغي حِمايتُه.



رشُّ المحاصيلِ من الجَوِّ وَسيلةٌ سَريعةٌ لِنَشْرِ الكيماويّاتِ المُكافحةِ للآفات التي قد تُصيبُها. لكنْ إذا استُخْدِمَتِ الكيماويّاتُ دونَما عِنايةٍ وتبَصُّرٍ فقد تؤثِّر سَلْبًا في النباتاتِ والحيواناتِ البَرِّيّة – أحيانًا إلى درجةٍ مأساويّة.



عالِمٌ يَرشُّ نَبْتات الفريز (الفَراولة). النَّباتاتُ الجديدةُ التي تُزرَعُ في مُؤَسَّساتِ الأبحاثِ قد تُغَيِّرُ ذاتَ يوم مَظْهرَ ومَذاقَ الطعامِ الذي نأكلُه.



كثيرٌ من الناس يؤثِرون عَدَم شِراءِ البَيْض من دَجاجِ المَزارعِ الحديثةِ المُحْتَبَسةِ في أقفاص.



دَجاجُ الفِناءِ أو الحَوشِ الحُرّ يُرَبّى في ظروفٍ أقربَ إلى الطبيعة.

المَحاصيلُ المُهِمَّةُ التي تُزرَعُ للاستِهلاك المَحلّيّ على النِّطاقِ العالميّ تَشْمَلُ الحِنْطةَ (القَمْح والذُّرة والأَرُزّ)، والمحاصيلَ الجَذْريَّة (البطاطا والمَنيهوت «الكَسّافا») والقَطاني (الفاصولياء والفُول واللّوبياء والبازِلّا والحِمِّص)، والثِّمارَ والخَضْراوات، والمَحاصيلَ الزَّيتيَّة كفُول الصويا، وسُكَّر القَصَب والشَّمَنْدر، والجَوْزَ والبُنْدق، ومَحاصيلَ أُخرى كالبُنِّ والشّاي. ويُعْنى المُزارعون أيضًا بتَرْبيَةِ حيواناتِ المزارِعِ كالمَواشي والأغنامِ والمَعْزِ والدَّجاجِ والأسماك.

لكِنَّ الأراضي الزِّراعيَّةَ الخَصيبة والمَواردَ الغِذائيَّةَ مُتَفاوِتَةُ التوافُرِ حوْلَ العالَم. فأوروبا وأمريكا الشماليَّة وأستراليا تُنْتِجُ ما يَزيدُ على حاجةِ سُكّانِها. لكنْ في البُلْدان الأفقَر، حيثُ التُّرَبُ أقلُّ خُصوبةً والمياهُ نادِرَةٌ، فالمُزارعون لا يَتمَكَّنون أحيانًا حتّى من إطعامِ عِيالِهم.

تَغْييرُ أساليبِ الازدِراع

كان المُزارعونَ سالِفًا مُزارعي كَفاف – يَزْرعون ما يَكْفي عِيالَهم مع فَضْلَةٍ تَزيدُ أو تَنْقُص للبَيْعِ في السُّوقِ المَحلِّيَّة. ولا يَزالُ قُرابةُ نِصْفِ عدد الناس في البُلدان الفَقيرة يَعيشون على هذا النَّمَط.

حاليًّا، في البُلدانِ الأَغْنى، هنالك أقَلُّ من 8 بالمئة من الناس يَعْملون في الأرض. وكثيرٌ من المزارعين يَزرعونَ مَحصولًا واحدًا فقَطْ، كالقَمْحِ أو المَوْز – ويُسَمّى هذا مَحصولًا ذا مَدْخولٍ نَقْديّ. والناسُ الذين كانوا سابقًا يَمْلكونَ مَزارعَ خاصَّةً صَغيرةً تَحوَّلوا الآنَ إلى العَمل في المَزارعِ الكبيرة. فنَمطُ الزراعةِ الحديثُ الواسعُ النِّطاقِ يُغَيِّرُ البيئةَ جَذْريًّا – إذْ يَجْعَلُ الناسَ يعتَمِدون في عَيْشِهم على الأُجور والتِّجارة. فإذا هبَطَ السِّعْرُ العالميُّ لِمَحْصولٍ مّا، كالبنِّ مثلًا، فإنَّ عُمّالَ البُنِّ في بُلدانٍ عديدةٍ يُعانُون.

المُزارِعُ اليومَ يُنْتِجُ من الأَغذيةِ أكثَرَ مِمّا كان يُنْتِجُه المُزارِعُ مُنْذُ 100 سنة. فقد طَوَّرَ العلماءُ نَباتاتٍ مُقاوِمَةً للأمراض؛ والمُزارعونَ يستَخْدِمون اليومَ أسْمِدَةً كيماويَّةً لِتَعْويضِ نَقْصِ المُغذِّيات في التُّرْبة، ويَعْتَمِدون على مُبيداتِ الآفاتِ الكيماويَّة والبيُولوجيَّة لِمُكافحةِ الآفات. لكِنَّ أمثالَ

الهَنْدَسةُ الوِراثيَّة (الجينيَّة)

بدأ العلماءُ يَحُلّونَ الرُّموزَ الشِّفْريَّة الكيماويَّةَ التي تتحَكَّم في خَصائصِ وصِفاتِ كافَّة الكائناتِ الحيَّة. وبهذه المَعْرِفة يُمكِنُهم مُبادلَةُ الجيناتِ بين البَكتريا والحيواناتِ والنباتاتِ لِتَخْليقِ مُتَعَضِّياتٍ جديدةٍ ذاتِ خصائصَ مُفيدةٍ – مثلًا، كملفوفٍ لا تَسْتطيعُ الأساريعُ أكْلَه. هذا الرَّسْمُ يُبَيِّنُ إحدى طرائقِ الهَنْدسةِ الوِراثيَّة (الجينيَّة) التي يُمكِنُ بها إضافةُ جينةٍ سُمِّيَّةٍ، من حَيَوانٍ كالعَقْرَب، إلى المَلْفوف أو إلى نَباتاتٍ أُخرى تأكلُها الأساريعُ عادةً. فتُنْقَلُ الجينةُ المُضافةُ عَبْرَ جُرثومٍ بَكتيريّ يُصيبُ الخلايا النباتيَّة. فتُنْشِئُ النباتاتُ الجديدةُ أوراقًا سامَّةً للأساريع – لكِنْ لا تُؤذي الإنسانَ الذي يأكلُها لأنّ جِسْمَ الإنسانِ يُتْلِفُ سُمَّها في عمليَّةِ الهَضْم.



1 جينةٌ مُصنِّعةٌ للسُّمِّين تُؤخَذُ من عَقْرَب.

2 تُستَخْلَصُ جينةُ السُّمّين الحامِلةُ لِجُزَيْءِ د ن أ.

3 الأنزيماتُ القاطِعةُ لِجُزَيْءِ د ن أ تَجُذُّ الأجزاءَ حامِلَةَ جينةِ السُّمّين.

4 يُغْرَسُ جُزَيْءُ د ن أ في جُرثومٍ بكتيريّ.

5 الجُرثومُ يَنْقُلُ جُزَيْءَ د ن أ إلى نَبْتاتِ المَلْفوف المَخْبَريَّة.

6 السُّمِّينُ في أوراقِ المَلفوف يَقْتُلُ الآفاتِ الحَشَريَّة.

هذه المكاسِبِ ليسَتْ بلا ثَمن. فالمَزارِعُ الحديثةُ قد تكُونُ «مَصانِعَ غِذاءٍ» ذاتَ بيئاتٍ مُضِرَّةٍ بالنَّباتاتِ والحيوانات البَرِّية. فلم تبقَ إلّا قِلّةٌ من النَّباتاتِ الغِذائيّةِ والأنواعِ المَحليّةِ التي كانت شائعةً سابقًا، وغدَت المناطقُ الرِّيفيّةُ أقلَّ غِنًى وتَنَوُّعًا وجمالًا.

الثَّوْرةُ الخَضْراء

في ستّينيّاتِ القرنِ العِشرين، أدخلَ علماءُ الأغذيَةِ أنواعًا جديدةً من القَمْحِ والأرُزِّ والزُّروعِ الأُخرى أسرَعَ نموًّا وأكثرَ مُقاوَمةً للأمراضِ؛ فأنتجَتْ مَحاصيلَ أوفَرَ. وقد جَلبَتْ هذه الأنواعُ فوائدَ جَمَّةً للمُزارعين في البُلدانِ النامِيَةِ، كالهِنْد – حتّى لَقَدْ ضاعَفَتِ الإنتاجَ غالبًا.

لقد ساعدَتْ هذه «الثَّورةُ الخَضْراءُ» في إطعامِ جِياعِ العالَمِ، لكِنّها لم تَحُلَّ مُشكِلَةَ النَّقصِ الغِذائيّ. فمُزارِعو العالَمِ يُنتِجون ما يكفي في جُمْلتِهِ لإطعامِ أهلِ الأرضِ جميعًا. لكِنَّ هذا الإنتاجَ لا يُقتَسم بالعَدْلِ والتَّساوي. ففي أوروبا وأمريكا الشماليَّة يَفيضُ إنتاجُ الغِذاءِ عن حاجةِ الناسِ بكثيرٍ؛ والفائضُ يُرمَى أحيانًا أو يُقَدَّمُ عَلَفًا للحيَوانات.

الازدِراعُ العُضْويّ

في العالَمِ المُتطوِّرِ المحَلّاتُ التجاريّةُ الكُبْرى وزَبائنُها لهم القولُ الفَصْلُ في نوعيَّةِ الأغذيةِ المُنْتَجة. ويَجْري تحَوُّلُ الكثيرِ من الناسِ حاليًّا إلى الأطْعمةِ العُضويَّة – أي الأطْعِمةِ التي تُنْتَجُ بأساليبَ تَقْليديَّةٍ دُونَ كيماويَّات. فهُم يَخْتارون مثلًا، بيضَ الدَّجاجِ السارحِ في الفِناءاتِ الحُرَّة لا بَيْضَ دَجاجِ الأقفاصِ في المَزارِعِ الحديثة. والتخَوُّفاتُ المُفَزِّعةُ من بعضِ الأطعمةِ، كالفَزَعِ المُرَوِّعِ من داءِ جنونِ البَقَرِ الذي عَمَّ بريطانيا وبُلدانًا أوروبيَّةً أُخرى، قد أصبحت من الأمورِ الشائعة. فالناسُ مُهتمُّون وقَلِقون حوْلَ نوعيّةِ وسَلامةِ الغِذاءِ الذي يتَناولونه.

التَّعْديلُ الجينيّ

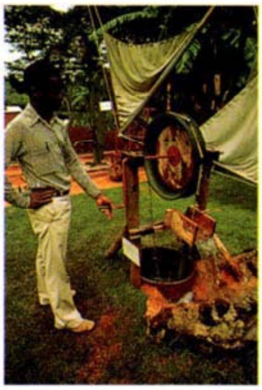
الهَنْدسةُ الوِراثيَّةُ (الجينيَّة) تُمَكِّنُ العلماءَ من إنتاجِ أنواعٍ جديدةٍ من النَّباتاتِ وحتّى الحيَوانات. ففي كثيرٍ من البُلدانِ، جَرى ازدِراعُ مِساحاتٍ شاسعَةٍ بالصُّويا المُعَدَّلَةِ جينيًّا، كما أُجرِيَتْ اختِباراتٌ أُخرى على البَندورة (الطماطم) والذُّرَة. ولا يَستطيعُ أحدٌ الآنَ التنَبُّؤَ ما إذا كانَتْ فوائدُ التَّعْديلاتِ الجِينيَّةِ – لِنَباتاتٍ خاليَةٍ من الأمراضِ ومُقاوِمَةٍ للآفات – سَتَرْجَحُ على التأثيراتِ المُحْتَمَلةِ عل السَّلامةِ البَشَريَّةِ أو على البيئةِ التي تَنمُو فيها هذه النباتاتُ جَنْبًا إلى جَنْبٍ مع النَّباتاتِ البَرِّيَّة.



الزِّراعةُ، بكافَّةِ أنواعِها، تَعْتَمِدُ على التُّربة. فالكائناتُ الحيَّةُ في التُّرْبةِ تُحَلِّلُ (تُفكِّكُ) الموادَّ النباتيَّةَ والحيوانيَّةَ وتُحَوِّلُها إلى مُغذِّيات؛ وهذه بِدَوْرِها تَمْتَصُّها النباتاتُ الجديدة. أساليبُ الإزدِراعِ يَنبَغي أن تُتيحَ البَقاءَ لِهذه الكائنات، وإلّا فإنَّ التُّربةَ سَتُعاني من قِلَّةِ الخِصْب. إنَّ مُعظمَ المُزارعين يُعْنَونَ بِتربَتِهم، لكِنَّ الإزدِراعَ الكثيفَ والمُفْرِطَ قد يُؤدّي إلى تَحاتِّ التُّرْبةِ وفَشَلِ المَحْصول.



مُزارِعٌ أمريكيٌّ يعمَلُ في حَقْلٍ لِزراعةِ البَصَلِ عُضْويًّا. حاليًّا أصبَحَ النِّتاجُ العُضْويُّ، المُنَمَّى بوَسائلَ تقليديَّةٍ، اكثرَ رَواجًا.



جَلْبُ الماءِ في كينيا، بإفريقية هو مُهِمَّةٌ نِسْويَّة. مِضَخَّةُ الماءِ البَسيطةُ هذه تجعَلُ عملَ الكِينيَّاتِ أسهَلَ.



زَرْعُ الأرُزِّ يَجْري عادةً يَدويًّا، لكِن حاليًّا يُمكِنُ أن تقومَ المَكِناتُ بهٰذا العَمَل، كما هنا في اليابان. فالمَكِناتُ تُوَفِّرُ على زارعي الأرُزِّ عملًا قاصِمًا لِلظَّهْر.

أُنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والناس ص 66 – 67
الغِذاءُ والتَّغْذية ص 126
إنتاجُ الأغذية ص 230 – 231
مُعالجَةُ الأغذية ص 232 – 233

سُكْنَى المُدُن

في العام 1800، لم تكُنْ نِسْبةُ ساكني المُدُن تَتجاوز 20/1؛ فيما هي اليومَ، 20/8. وتَتزايَدُ مَشاكلُ هذه السُّكْنَى نَتيجَةً للازْدِحام والتلَوُّث.



بدأ تَمَدُّدُ مَكسيكو سِيتي، عاصمة المكسيك، في أربعينيّاتِ القَرْنِ العِشْرين. وقد تضاعَفَ عَدَدُ سُكّانها ثلاثَةَ أضعاف منذُ عام 1980، وهي الآنَ ثاني كُبْرى المُدن مساحةً في العالَم بَعْدَ طوكيو – يُوكوهاما.

يتزايدُ عددُ سكّان المُدُن أكثرَ فأكثرَ منذُ أواخر القرنِ التاسعَ عشَر نتيجةً لانخفاضِ مُسْتَوى الوَفيات (وَفيات الأطفال بخاصَّةٍ) وارتفاعِ مُسْتَوى المَعيشة والخدمات الصحّيَّة إضافةً إلى انتِشارِ التعليم وتزايُدِ مُعدَّلات الهِجْرة الداخليَّة من الرّيفِ إلى المُدُن. عدَدُ سكّان القاهرة كان يتضاعف كُلَّ 100 سنة حتّى أواخر القرن التاسعَ عشَر، ثُمَّ كُلَّ 30 سنة أوائل القرن العِشْرين، ثُمَّ كُلَّ 17 سنة مُنْذئذٍ. في العام 1900، لم يكُنْ يوجد في العالَم سِوى 19 مدينةً تَضُمُّ الواحدةُ منها أكثرَ من مليون نسَمة. ومنذُ التسعينيّاتِ من القرنِ العِشْرين تجاوَزَ هذا العدَدُ الـ 300 مَدينة.

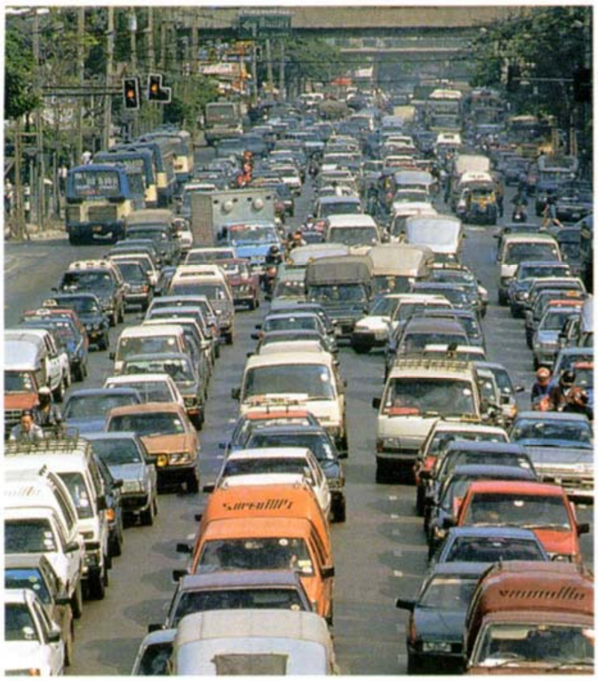
المُدنُ الضَّخْمة

أضخَمُ المُدن في العالَم اليوم هما طُوكيو – يُوكوهاما في اليابان ومَكسيكو سيتي في المكسيك؛ وتَضُمّ الواحدةُ منهما حوالى 20 مليون نسَمة. أمّا المُدنُ الناهِضَةُ الـ 25 الأسْرَعُ نمُوًّا في العالَم فهي في العالَم النامي – في الهِنْدِ والصِّين كما في أمريكا الجنوبيَّة وإفريقية.

الازْدِحام

مع تَنامي المُدُن، يَحْصُل نَقْصٌ حادٌّ في المَساكن المُلائمةِ للعَيش. فالمُدنُ السَّريعةُ النمُوِّ، كمَدينة سَاو پاوْلو، في البرازيل مثلًا مُحاطَةٌ بأحياءٍ فقيرةٍ مُكتَظَّةٍ بالسُّكّان. ويَستَمِرُّ مَلايينُ الناسِ بالانتِقالِ إلى أحياءِ الأكواخِ هذه أمَلًا بإيجادِ فُرصِ عَمَلٍ وتَعليمٍ أفضَلَ في المدينة. لكِنْ تَخيبُ آمالُهم في أغلبِ الأحيان لِعَدم توَفُّرِ المَساكنِ أو المَدارس أو المياهِ النقيَّة ولا حَتّى الظروفِ الصحّيَّةِ العامَّة.

المُدنُ المُكتظَّةُ المُتَناميةُ لنْ يتَوَفَّرَ فيها ما يكفي الناسَ من مَنازِلَ ووَظائف. وهذا يُؤدّي حَتْمًا إلى مَشاكِلَ اجتِماعيَّةٍ، كالفَقْرِ والجَريمةِ وتَفَشّي المُخدِّراتِ وتصَدُّعِ العائلة. المناطِقُ المُتَخلِّفةُ المُتَقَوِّضةُ في المُدنِ الداخليَّة سُرعانَ ما



زَنْقَةُ السَّيْر، كهٰذه الزَّحْمةِ في بانكوك، بتايلَنْد، عامَّةٌ في المُدُنِ في كُلِّ مكانٍ من العالَم. فالسيَّارةُ تُؤَمِّنُ لِلْمَرْءِ التَّنَقُّليَّةَ السَّهلةَ لكِنْ بِسُرْعةٍ بَطيئةٍ جدًّا.



المَرافِقُ المُخصَّصَةُ للمُشاةِ فقط، كما هُنا في بُورْدُو، بفرَنْسا، تَجْعَلُ شوارِعَ المَدينةِ أبْهَجَ وأمْتَعَ وأسْلَمَ للمُشاة.



مدينةُ بُومْباي ميناءٌ بَحْريٌّ هِنْديٌّ، وهي مَوطِنٌ لأكثَر من 12 مليون شَخْص. وتَضُمُّ المَدينةُ بَعْضَ أبْهَى المساكنِ وأكثَرِها أناقةً في الهِنْد. لكِنَّ فيها أيضًا بعضَ أسوَأ أحياءِ الأكواخ الفَقيرة. الصورةُ هنا تُبَيِّنُ مَضارِبَ ناريمان – حيثُ يُقيمُ قاطِنُو الأكواخ مَثاوِيَهُم الخاصَّة. لقد تضَخَّمَ عَدَدُ سُكّان بومْباي خَمْسةَ أضعافٍ بين عامَي 1941 وَ 1981؛ وهي لا تَزالُ تَجْتَذِبُ مُسْتَوطِنينَ جُدُدًا من سائر المَناطق الغربيَّةِ في الهِنْد.

تَغْدو أحياءَ أكواخ. والقادرون على مُغادرةِ هذه الأحياءِ يَقْصِدون الضَّواحي، حيثُ تتوَفَّرُ المنازِلُ الأفسحُ والمُتنزَّهاتُ والحدائقُ العامَّةُ الرَّحْبَة.

الإنسِداحُ الحَضَريّ

قِلَّةٌ من المُدُن تمَدَّدتْ حسَبَ خُطَطٍ مَدْروسَة. أحيانًا حاوَلَ النّاسُ إعادةَ بِناءِ مُدُنٍ مَوجودة قَبْلًا؛ وهذا ما حَصَلَ في باريس في القرنِ التاسعَ عشَر. وأحيانًا أُخرى تُخَطَّط مدُنٌ جديدةٌ بالكامِل كما في مدُنِ الخليج العَرَبيّ الحديثة، أو كما برازيليا، التي بُنِيَتْ في السِّتّينيّاتِ من القرنِ العِشْرين كعاصمَةٍ جديدةٍ للبرازيل. لكِنَّ معظمَ المدُنِ الحديثةِ تمَدَّدَتْ حسْبَما اتّفق – مُلْتَهِمةً الأراضيَ الزراعيَّة والأَرياف. فتشَعَّبَتْ من مَراكِزِها طُرُقٌ انتشَرتْ الضَّواحي على امتِدادِها. وكثيرًا ما كان تأثيرُ ذلك على البيئة دْراماتيكيًّا. فَلُوسْ أَنْجِلوس، مثلًا، لم تَزِدْ على أن تكونَ قَرْيَةً فَسيحةً نوعًا ما عامَ 1850؛ وهي اليومَ تُغطّي مِساحةً مُذْهِلةً تبلُغُ 1207 كيلومِتْرات مُرَبَّعة.

تدَبُّرُ حَرَكةِ المُرور

بتمَدُّدِ المُدُنِ، يُضْطَرُّ الناسُ إلى التَّجوال في أرجائها. ومَرافِقُ النَّقْلِ العامِّ قَلَّما تَفي بالغَرض أو تحقِّقُ المُستَوى المَطلوب. فسُكّانُ الضَّواحي العاملون في المُدن مُضطَرُّون يوميًّا للتنَقُّل ذَهابًا إلى مَراكزِ أعمالِهم وإيابًا في العَودة منها. فتَزْدادُ حَرَكةُ المُرور وتَزْدحِم الطُّرقُ بالسيّارات. على كُلٍّ زَحْمةُ السَّيْر ليسَتْ جَديدةً؛ فقد كانت كثيرةَ الحُدوث في لَندن أيّامَ الملكة فِكْتوريا حينَ كانتْ وسائلُ النَّقْلِ عَرَباتٍ تجُرُّها الخُيول. والسيّارةُ اليومَ هي تحَدٍّ بذاتِها. فخِلالَ النِّصْفِ الأوَّل من القرنِ العِشْرين، وَفَّرتِ السيّارةُ للكثيرين حُرِّيّةً وسُهولةً في التنَقُّل. أمّا في نِصْفه الثاني، فقد جلبَتِ التلَوُّثَ والضجيجَ والازدِحاماتِ الخانقة.

وقد حاوَلَ مُخَطِّطو المُدُن حديثًا فَصْلَ الناسِ عن السيّارات، فحَدَّدوا مَساربَ مُعَيَّنةً للمُشاةِ والدرّاجين فقَط. ويَجْري حاليًّا إحياءُ أو تجديدُ وسائلِ النَّقْلِ العامِّ، كالترامْوايات وتشجيعُها. فوسائلُ النَّقْل العامِّ أَلْطَفُ بالبيئة. لكِنَّ تَوصُّلَ حُكوماتِ العالَم إلى جَعْلِ الناسِ يتخَلَّونَ عن سيّاراتِهم ليسَ بالأمرِ السَّهْل.

المَدينةُ المُتَغَيِّرة

مُعظمُ اقتِصاديّاتِ المَدينة اليوم عِمادُها المُؤسَّساتُ المَصْرِفيَّةُ والتِّجاريَّةُ والفُنْدُقيَّةُ والسِّياحيَّةُ ومَرابعُ التَّسْليَةِ والاستِجْمام. ومناطِقُ التسَوُّقِ المَركَزيَّةُ هي في طريقِها إلى الزَّوال، فغالِبيَّةُ المُتَسَوِّقين اليومَ يَقْصِدون مَتاجِرَ التسَوُّقِ الضَّخْمةَ خارِجَ المُدُن. كما إنَّ مناطِقَ الأعمال التِّجاريَّةِ في قَلْبِ المُدُن قد تَلاشَى أيضًا بسبَبِ تَزايُدِ أعداد الذين يقومون بالأعمال من بيوتِهم أو في مُنْشآتٍ جديدةٍ على مَواقعِ خَضْراء نضِرة. إنَّ إعادةَ الحياة إلى مناطِقِ مُدُنِنا الداخليَّةِ هي إحدى التحدِّياتِ الكُبْرى في القَرْنِ الحادي والعِشْرين.



► هذا المَنْظَر من الجَوِّ للمناطِقِ الشرقيَّةِ من مَكسيكو سيتي يُبيِّنُ التمَدُّدَ الشاسِعَ للمَباني التي تَفَطَّرتْ كالكَمْءِ بسُرعةٍ في العَهْدِ الحديث. لاحظِ الضبيبَ الدخانيَّ، المُصْفَرَّ بتلَوُّثِ الهواء، الذي يَعْبِقُ به جَوُّ المَدينة يَوميًّا تقريبًا.



هنالكَ حَدٌّ فاصِلٌ واضِحٌ بين مَناطِقِ السَّكَنِ الجديدةِ وبين حُقولِ القُطْن المَرْويَّةِ في فينِيكس، أريزونا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. لكنْ مع التوسُّع الحضَريّ الزاحِف تتَغَطّى الأراضي الزِّراعيَّةُ بالمَنازِلِ والطُّرقِ الجديدة.



مَسالكُ الدرّاجاتِ تُوَفِّرُ للدرّاجين تَفْريجًا وحِمايةً من أخطار الطُّرُقِ المُزْدَحِمة.



► حتَّى في المُدُن، تَجِدُ بعضَ الحيوانات البَرِّيَّةِ أوجارًا جديدةً. فغَدتِ الثعالِبُ تَسْتَوطِنُ المُدُن. وبَدلًا من تَصيُّدِ الأرانِبِ والحيواناتِ الصَّغيرةِ الأُخرى، فهي تَغْزو صناديقَ النُّفاياتِ بَحْثًا عن الطَّعام. أمَّا المُهَدِّدُ الرئيسيُّ لِهذه الحيوانات فهي السيّاراتُ التي تَقْتُلُ العديدَ منها سَنَويًّا.

أُنْظُر أيضًا

الإنفجارُ السُّكّانيّ ص 446 – 447
تلَوُّثُ الهواء ص 453
صيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 – 463

تَلَوُّثُ الماء

الماءُ حيويٌّ لِكُلِّ كائنٍ حَيٍّ على كَوكبنا. لكِنَّه كثيرًا ما يكونُ مُلَوَّثًا بمِياهِ المَجاريرِ أو بالفَضَلاتِ الحيوانيَّةِ أو بالكيماويَّاتِ والأَسْمِدَةِ المُذابة.



نُفاياتُ المَصانعِ والمَزارعِ السَّائلَةُ تَنْصَبُّ في الأَنهارِ والجَداول، مُلَوِّثَةً المياهَ وجاعِلَةً إيَّاها غيْرَ مأمونةٍ، وأحيانًا قَتَّالةً للحيوانات البَرِّيَّة.



تَجْميعُ الماءِ لِاحتِياجاتِ العائلة عمَلٌ يَوميٌّ رُوتينيٌّ في كثيرٍ من البُلدان. البَناتُ أعلاه تَضْخُخْنَ الماءَ من بئرٍ في بُوركينا فاسُو بإفريقية الغربيَّة. إنَّ ماءَ الحنَفيَّةِ النَّقيَّ في المَنْزِلِ لا يَزالُ تَرَفًا، تَفتقِر إليه كثْرَةٌ من البلدانِ حيثُ مَدَدُ الماءِ شَحيحٌ.

كُلُّ ماءِ العالَم يَدور في الطبيعة. وتَشْمَلُ هذه الدورةُ التَّبَخُّرَ إلى الجَوِّ فالمطَرَ وتكوُّنَ الأنهار والبُحَيرات والبِحار، ثمَّ تُعادُ الدَّورةُ المائيَّةُ مِرارًا وتَكْرارًا على مَدى العُصور.

كيفَ يتلَوَّثُ الماءُ

يُعْتَبَرُ الماءُ مُلَوَّثًا إذا بلغَت كمِّيَّاتُ أو أنواعُ الموادِّ المُتَواجدة فيه مُستوى الإضرار بالناسِ أو الحيواناتِ أو النباتاتِ أو البيئة. الماءُ النَّقيُّ مَوردٌ نَفيسٌ؛ فالكثيرُ من البُلدان شَحيحةُ المَطَر، وتَخْزينُ المياه غالبًا ما يكونُ غيْرَ كافٍ أو غيْرَ مُلائم. ففي البُلدان الناميَةِ غالبًا ما تكونُ الآبارُ والأنهار قاصِرَةً عن سَدِّ احتياجاتِ أعدادِ السُّكَّانِ المُتَزايدة. إضافةً إلى ذلك، فإنَّ مَوارِدَ المياهِ قد تكونُ مُلَوَّثةً بالنُّفاياتِ والفَضَلات.

الماءُ مُذيبٌ جَيِّدٌ جدًّا، وقادِرٌ على إذابةِ الجوامدِ أكثرَ من مُعظَم السَّوائلِ الأُخرى. فهو يُذيبُ الأملاحَ المعدنيَّةَ أثناءَ تَغَلْغُلِه عَبْرَ الصُّخور كمياهٍ جَوفيَّة. كما إنَّ مياهَ الأنهارِ والبُحَيْرات والجَداولِ تحوي دائمًا تقريبًا كيماويَّاتٍ مُذابةً أو تَحْمِلُ نُفاياتٍ مُستَغْلَقة.

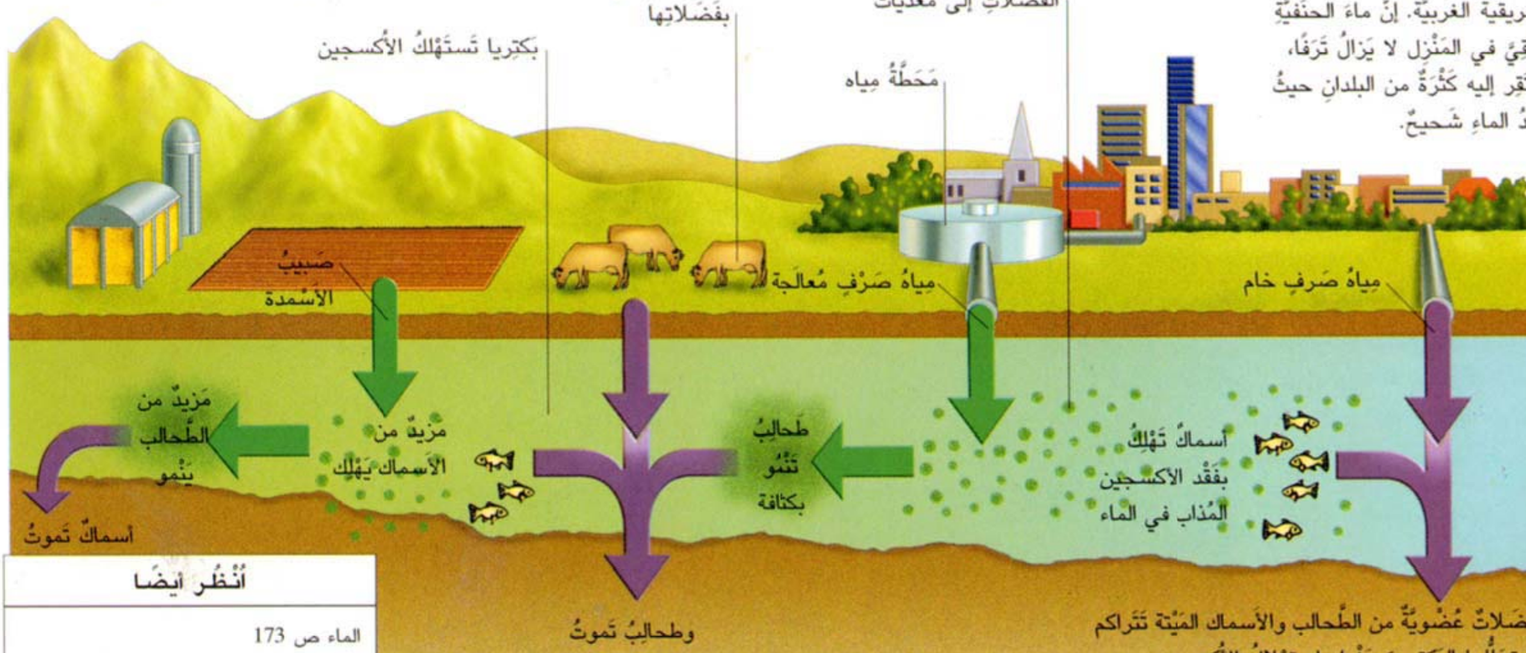
التخَلُّصُ من النُّفايات

تقليديًّا تعَوَّدَ الناسُ استِخْدامَ الأنهارِ والبِحارِ للتَّخَلُّصِ من النُّفايات. الأنهارُ السَّريعةُ الِاندِفاقِ تَنْقُلُ مياهَ المَجاريرِ والفَضَلاتِ الأُخرى بعيدًا عن منازِلِ الناس وتَصُبُّها في المُحيطات، حيثُ تَسْتطيعُ عمليَّاتُ التحَلُّلِ الطبيعيَّةُ غالبًا مُعالَجَتها بنَجاح. لكِنْ في المياهِ البَطيئةِ الِاندفاق أو في الأماكنِ التي تَنْصَبُّ فيها نُفاياتٌ وفَضَلاتٌ كثيرةٌ جدًّا فإنَّ عمليَّاتِ التَّحَلُّلِ الطبيعيِّ تَقْصُر عن مُعالجةِ تلك النُّفاياتِ والفَضَلاتِ كما يَنْبغي، فتَغْدو المياهُ مُلَوَّثةً بمِياهِ الصَّرفِ الناقِلَةِ للأَمراض. كذلك فإنَّ المياهَ قد تتلَوَّثُ أيضًا بالنِّفْطِ وبكيماويَّاتِ المَصانع؛ ولا تَسْتطيعُ عمليَّاتُ التحَلُّلِ الطبيعيِّ أيضًا مُعالَجةَ هذه المُلَوِّثات.

الأَسْمِدةُ والأَنهار

تُلَوِّثُ المياهُ أيضًا بفَرْطِ ما تَحْتويه من المُغَذِّيات. فمِياهُ الصَّرْفِ ورَوثُ الحيواناتِ والأَسْمدةُ في هذه المياه قد تُؤدِّي في مآلِ الأمْرِ إلى قَتْلِ الحياة في الأنْهار الراكدة والبُحَيْرات. فهذه الفَضَلاتُ تُثري المياهَ بالموادِّ العُضْويَّة. والبَكتِريا في هذه المياه تَستَخْدِمُ الأُكسجينَ لِتُفكِّكَ هذه الموادَّ العُضْويَّةَ إلى مُغَذِّيات. والمُغذِّياتُ هذه تُعَزِّزُ نماءَ نباتاتٍ مُعيَّنةٍ، كالطَّحالبِ والعَوالقِ النباتيَّةِ السطحيَّة، التي تستَهْلِكُ الأُكسجينَ الذائبَ في الماء؛ كما إنَّ تحَلُّلَ طحالبِ القاعِ المَيْتة يَستَنْفِدُ الأُكسجينَ ويَبْتعِثُ غازًا سامًّا هو كبريتيد الهِدْروجين، بحيث لا تَسْتطيعُ الأسماكُ التنَفُّسَ فتَهْلِكُ.

▼ماءُ الصَّرْف الذي يصُبُّ في الأنْهار، يَحْوي مُغَذِّياتٍ مُخْتلفةً. فَيْضُ المُغَذِّيات يُنْتِجُ فَيْضًا من الطَّحالب وغَيْضًا في الأُكسجين الذي تحتاجه الأسْماكُ للتنَفُّس، فيَتحَوَّلُ النَّهْرُ في نِهايةِ المَطاف إلى نَهْرٍ مَيْت.



أُنْظُر أيضًا

الماء ص 173

النُّفاياتُ وإعادةُ التَّدْوير ص 454 – 455

صِيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 463 – 462

لَوُّثُ الهواء

هواءُ مَزيجٌ من الغازات. وبدُون الهواءِ ومُحتواه الأُكسجينيّ، لا يُمكِنُ العيشُ لِمُعظم كائناتِ الحَيَّة. فالحِفاظُ على الهواءِ خاليًا من التلوُّثِ أمرٌ حيَويٌّ لِصحَّتِنا وسلامتِنا.



درّاجٌ يلبَسُ قِناعًا لِيَقِيَ نَفْسَه من الأدْخنةِ المُؤذيةِ المُنْبَعِثَةِ من عوادِمِ مَرْكباتِ السَّيْر. إنَّ خَفْضَ عددِ السيّارات على الطرُق هو أحَدُ وسائلِ تخفيف هذه المُشكلة.

عابر التلوُّث بأوَّل أكسيد الكَرْبون (ك أ «CO»)



غازُ أوَّل أكسيد الكَرْبون (ك أ «CO») يُضَخُّ إلى الجَوِّ من المَصانع؛ وهو المُلَوِّثُ الرئيسيُّ في أدْخِنَةِ عَوادِمِ المَرْكبات. ففي حَرَكةِ السَّيْرِ الناشطة تَرْتفِعُ مُستَويات هذا الغاز إلى دَرجةِ الخَطَر على الصِّحَّة.

كثيرٌ من الهواءِ الذي نَتَنَفَّسُه مُلَوَّثٌ بِموادَّ فيه. ومُعظمُ هذا التلَوُّث مَصْدرُه الوُقُد التي تُحْرَقُ في المَصانِعِ والمَرْكباتِ ومَنْظوماتِ التدفئة ومَحطّاتِ توليدِ القُدْرة الكهربائيَّة التي تُدارُ بالوُقُدِ الأُحفوريَّة - من فَحْمٍ ونفْطٍ وغازٍ طبيعيّ.

ماذا يُلوِّثُ الهواء؟

التِّقاناتُ التكنولوجيَّةُ تجعَلُ حياتَنا أسهلَ؛ لكِنَّ هذه التِّقاناتِ تعتمِدُ على القُدْرةِ المُولَّدةِ من حَرْقِ الوُقُد كالفَحْم والنِّفْطِ والغازِ الطبيعيّ. وهذه عندما تُحْرَقُ تُطْلِقُ في الهواءِ مَلايينَ الأطنانِ من الغازات - كأوَّل أُكسيد الكربون وثاني أُكسيد الكربون وثاني أُكسيد الكِبْريت وأُكسيد النِّتْروجين إضافةً إلى الرَّمادِ والغُبارِ والسِّناج. وهذه المُبْتَعَثاتُ المُلَوِّثَةُ لا يَقتصِرُ ضَررُها على الناسِ فقَطْ بلْ هي تُلْحِقُ الأذى أيضًا بالحياةِ البَرِّيَّة.

الضَّبابُ الدخانيُّ الذي أخذَ يَلُفُّ العديدَ من المُدُنِ الأوروبيَّة منذُ الثَّورةِ الصناعيَّة في القَرنِ التاسعَ عشَر هو مَزيجٌ من الضَّبابِ والدُّخانِ الناتجَيْن من وَقْدِ الفَحْم. أمَّا اليومَ، فالمُشكِلَةُ أعْتَى بالضُّخان (الضباب الدُّخانيّ الكثيف) الناتج من أدخِنَةِ حركة السَّير والغازاتِ المُبَدَّدة في المَصانع والمنازل، وأكاسيدها الكبريتيَّة والنتروجينيَّة نَتيجَةً للتفاعُلات الكيماويَّة التي يُحْدِثها ضوءُ الشَّمْس. وهذا الضُّخانُ الكيماويُّ الضوئيّ هو مَصْدرُ خَطَرٍ على الصِّحَّة في كثيرٍ من المُدُن، بخاصَّةِ الصِّناعيَّةَ منها.

المَطَرُ الحامضيّ

قُطَيْراتُ الماءِ في الغُيوم حامضيَّةٌ طَبيعيًّا بِتَواجُد ثاني أُكسيد الكربون في الهواء الذي يُكَوِّن مع الماءِ حامضًا ضعيفًا. لكِنَّ حَرْقَ الوُقُد الأُحفوريَّة يَزيدُ من كيميائيَّات الهواء ويُكَوِّنُ حوامضَ أقوى تُنتِجُ مَطرًا حامضيًّا يُهلِك أشجارَ الحِراج ويُحَمِّضُ مياهَ البُحَيْراتِ إلى درَجةٍ لا تَسْمَحُ بعَيشِ الأسماكِ والحيواناتِ المائيَّةِ الأُخرى فيها. كذلك فإنَّ المَطرَ الحامضيَّ يُلْحِقُ الضَّررَ أيضًا بالنُّصُب والمَباني الحَجَريَّة.



يَنْتُجُ المَطرُ الحامضيُّ بفِعْلِ الغازاتِ المُبْتَعِثَةِ في الهواء من المَصانعِ والأفران وحَركةِ السَّيْرِ في المُدُن. هذه الغازاتُ تُكَوِّنُ حوامضَ قويَّةً في بُخارِ الماء في الغُيوم، وتَسْقُطُ مَطرًا حامضيًّا على الغاباتِ والبُحَيْرات.



بُرْجُ إيفِل في باريس يكادُ يَحْجُبُه الضُّخان (الضباب الدُّخانيّ) عن الأنظار. هذا الضُّخان يتألَّفُ من جُسَيْماتٍ دَقيقةٍ من دُخانِ المَصانع وأدْخِنَةِ عَوادِمِ المَرْكبات ومُلَوِّثاتٍ أُخرى. وهو يَزْدادُ سُوءًا ويتفاقَمُ ضَررُه في الأيَّام الدافئة المُشْمِسَة، فيُحدِثُ تَهَيُّجًا في العُيونِ ومَشاكِلَ صَدْريَّةً بخاصَّةٍ بين المُسِنِّين والأطفال.

أُنْظُر أيضًا

النِّفْطُ والتكرير ص 210 - 211
الغازُ الطبيعيّ ص 212
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213
سُكْنَى المُدُن ص 450 - 451

النُّفاياتُ وإعادةُ التَّدْوير

تَحوي الأرضُ كمِّيَّةً مَحدودةً من المَوارِدِ الطبيعيَّة والموادِّ الأوَّليَّة، كالهواءِ والماءِ والنَّبْتِ والوُقُدِ والمَعادن. إنَّ بَعْضًا من هذه المَوارِدِ والموادِّ يُمكِنُ إعادةُ استِخْدامِه بإعادةِ التَّدْوير.



تُنْتَجُ سَنويًّا مَلايينُ الأطنان من النُّفايات، يُطْمَرُ مُعْظَمُها في مَرادِمَ أرضيَّةٍ حيثُ قد تَتسرَّبُ منها سوائلُ خَطِرةٌ إلى التُّرْبةِ أو إلى المياهِ الجوفيَّةِ المُجاورة.

يوميًا أو أُسبوعيًّا تُطْرَحُ من البُيوتِ والمُؤسَّساتِ المُختلفة أكياسٌ وصناديقُ مُعبَّأةٌ بالنُّفايات التي يُمكِنُ استِخْدامُ بَعْضِها ثانيةً بإعادةِ التَّدْوير. إعادةُ التَّدْوير مُصطلَحٌ يُطلَقُ على الطرائق التي يُمكِنُ بواسِطتها استِخْدامُ المَوادِّ أكثَرَ من مرَّةٍ واحدة. وبذلك نَسْتَهلِكُ كمِّيّاتٍ أقَلَّ من المَوارِدِ الطبيعيَّةِ اللامُتجدِّدة.

التخلُّصُ من النُّفايات

النّاسُ في هذه الأيّامِ يَسْتَخْدِمون كمِّيّاتٍ هائلةً من المَوادِّ، كالوَرَق والزُّجاجِ والفولاذِ والألومنيوم في صُنْعِ الكُتُبِ والصُّحُفِ وأغلِفَةِ التوضيبِ والقواريرِ والمَرطَباناتِ والمَرْكباتِ والعُلَبِ وغيرِها. ومُعْظَمُ هذه الأشياءِ تُطْرَحُ بعْدَ استِخْدامِها مُباشرةً. وهكذا تتجمَّعُ كمِّيّاتٌ ضخمةٌ من النُّفاياتِ يوميًّا، ويَنْبَغي التخلُّصُ منها بأمان. الكثيرُ من هذه النُّفاياتِ يُحْرَقُ، ومَقاديرُ منها تُطْرَحُ في مَكبّاتٍ أو مَرادِمَ أرضيَّةٍ وتُطْمَر. كذلك تُطْرَحُ مَقاديرُ ضخمةٌ من النُّفاياتِ في المُحيطات. وليسَ بين أساليبِ التخلُّصِ هٰذه ما هو مُلائمٌ بيئيًّا – رُغْمَ أنَّ حَرْقَ النُّفاياتِ في المُرَمِّداتِ الحديثةِ يُنْتِجُ طاقةً مُفيدةً تُسْتَغَلُّ كطاقةٍ حراريَّةٍ أو كهربائيَّة.

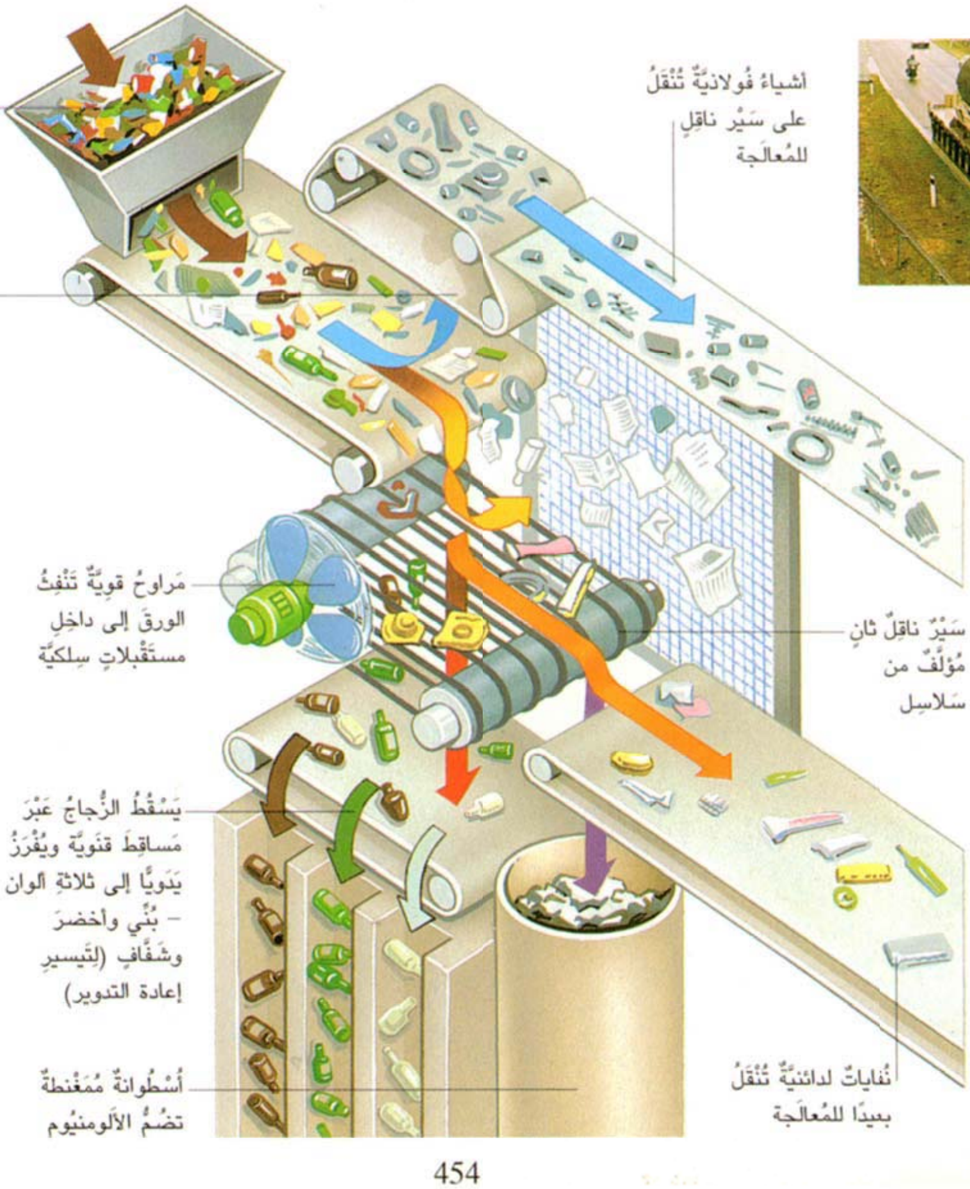
تَوفيرُ المَوادّ

إنَّ تَوفيرَ موادِّ الأرضِ المَحْدودةِ إلى أقصى حَدٍّ مُمكِنٍ هو مَسألةٌ حيَويَّةٌ لِمُسْتَقْبلِ البَشَر. إنَّه يُمكِنُ استِبْدالُ شَجرةٍ بأُخرى؛ لكِنْ لا يُمكِنُ استِعادةُ كُتْلةٍ من خامِ الحديد أو بِرْميلٍ من النِّفْطِ بعْدَ استِخْدامِهما.

إنَّ حوالى نِصْفِ نُفاياتنا المنزليَّةِ هو من الوَرَق الذي يُمكِنُ إعادةُ تَدْويره إذا جُمِّعَ بِعناية. فالتلَوُّثُ الناتِجُ من عمليَّةِ إعادةِ التدوير أقَلُّ بكثيرٍ من التلَوُّثِ بالحَرْق – إضافةً إلى أنَّ هذه العمليَّةَ تَحْمي المَواطِنَ الحِراجيَّةَ الطبيعيَّةَ التي كان



النُّفاياتُ المُشِعَّةُ سامَّةٌ، ويجِبُ نَقْلُها بعنايةٍ فائقةٍ إلى وَحَداتِ المُعالَجةِ قَبْلَ تَخْزينها عميقًا تحتَ سَطْحِ الأرض. وهي تظَلُّ خَطِرةً، حتّى في مدفَنِها، على مَدى عِدَّةِ قُرون.



◄ في وَحْدةٍ حديثةٍ لإستعادةِ الموادِّ، يُمَرَّرُ خليطُ النُّفايات (دُونَ الموادِّ العُضْويَّة) على طولِ سَيْرٍ ناقِلٍ حيثُ يَجْري فرزُ الموادِّ التي يُمكِنُ إعادةُ استِخْدامِها – كالفُولاذِ والألومنيوم والوَرَقِ والزُّجاج. إنَّ وَحَداتِ إعادة التدوير هذه باهِظةُ التكْلِفة، لكِنَّها ستَغْدو ضَروريَّةً عِندما تُمسي المَوارِدُ الطبيعيَّةُ نادِرةً.

استِخْدامُ النُّفاياتِ المُعادِ تَدْويرُها
كثيرٌ من الصُّحُف يتألَّفُ ورَقُها من حوالى 50 بالمئة من الوَرَقِ المُعادِ تَدْويرُه.
صِناعاتُ التَّوضيبِ تُصنِّعُ العُلَبَ الكرتونيَّةَ من ورقٍ 80% منه مُعادُ التَّدوير.
قواريرُ الحليبِ الزُّجاجيَّةُ تُسْتَخْدَمُ تَكْرارًا مَرَّةً بعْدَ مَرَّة.
كِنَاناتُ الناسِخاتِ الكهرضوئيَّةِ وعُلَبُ الأفلامِ الفُوتُوغرافيَّةِ يُمكِنُ إعادةُ استِخْدامِها.
النُّفاياتُ العُضْويَّةُ يُمكِنُ دَمُّها واستِخْدامُها سَمادًا لإخصابِ التُّرْبة.
خُردةُ الفلِزّاتِ يُمكِنُ صَهْرُها وإعادةُ استِخْدامِها.

يَنْبغي تَفْضِيَتُها لِغَرسِ أشجارٍ لَيِّنَةِ الخَشَبِ تُغَذّي مصانعَ الوَرَقِ الدائمةَ التطلُّبِ للخَشَبِ. وفي الكثيرِ من المُدُنِ الآنَ تتوزَّعُ مُسْتوعَباتٌ لإعادةِ التدويرِ مِمّا يَجْعَلُ عمليَّةَ إعادةِ التدويرِ أيسَرَ وأسهَل. وستكون المُساعَدةُ أجدى لو أنَّ النُّفاياتِ المنزليَّةَ تُفْرَزُ إلى مَجموعاتٍ مُنْفَصِلة (فلِزِّيَّة ووَرَقيَّة ولدائنيَّة، إلخ) قبلَ اطِّراحِها. لكنَّ ذلك لم يَتَحَقَّقْ بعْدُ على نطاقٍ واسعٍ.

جَديدٌ من القَديم

يُمكِنُ هَرْسُ القواريرِ والأوعيةِ الزُّجاجيَّةِ القديمة وصَهْرُها لِصُنْعِ أشياءَ زُجاجيَّةٍ جديدة. ويُمكِنُ أيضًا إعادةُ تدويرِ الفلِزَّات بالطريقةِ نفسِها. فعَمليَّةُ استِخْلاصِ الألومنيُوم من خاماتِه تَسْتَهْلِكُ كمِّيّاتٍ كبيرةً من الطاقة، فيما تُوَفِّرُ عمليَّةُ إعادةِ فوارغِ عُلَبِ الألومنيُوم مَقاديرَ مُهِمَّةً من الطاقة. في ما مَضى، كانت إعادةُ تدويرِ عُلَبِ الألومنيوم مُعَقَّدةً ومُكْلِفةً لأنَّها كانت تَحْوي بعضَ الفُولاذ الذي يَتوجَّبُ فَصْلُه عن الألومنيُوم قبلَ المُعالَجة. أمّا اليومَ، فإنَّ هذه العُلَبَ تُصنَعُ من الألومنيوم الصافي ممّا جعَل عمليَّةَ إعادةِ التَّدْوير أسهَلَ وأرْخص.

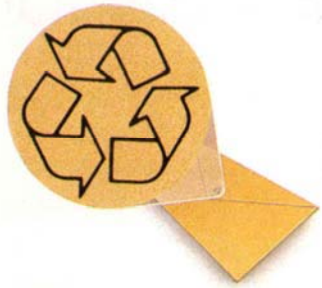
إنّه لَمِنَ المُهِمِّ إعادةُ تَدْويرِ الفلِزّات لأنَّ مَوارِدَها الطبيعيَّةَ لنْ تَدُومَ طويلًا. ويُقَدِّرُ العُلماءُ أنَّ الألومنيومَ سيُنْفَدُ في العام 2200 والحديد قُرابةَ العام 2160. أمّا الرَّصاصُ والزِّنْكُ والزِّئبقُ والقَصْديرُ فسَتُسْتَهْلَكُ قبْلَ ذلك بكثير - تقريبًا بِحُلولِ العام 2020. إنَّ إعادةَ تَدْويرِ الألومنيُوم والفُولاذ (المُصَنَّع من الحديد) هي عمليَّةٌ سَهْلَةٌ نِسْبيًّا. وحاليًّا يُصَنَّعُ سَنَويًّا حوالى 30% من الألومنيُوم وَ 50% من الفُولاذ بإعادةِ تَدْويرِ نُفاياتِهما.

إعادةُ تَدْوير اللَّدائن

إعادةُ تَدْويرِ اللَّدائنِ مُمْكِنةٌ لكِنَّها مُعقَّدة. إنَّه يُمكِنُ صَهْرُ النُّفاياتِ اللَّدائنيَّةِ لِصُنْعِ لدائنَ جَديدةٍ، لكنْ بعْدَ فَصْلِ الأنواعِ المُخْتلِفة أوَّلًا. أمّا إذا أُحمِيَ مَزيجُ اللدائن في وِعاءٍ خالٍ من الهواء فإنَّ مَزيجَ الهِدْروكربونات الناتجَ يُمكِنُ فَصْلُه إلى موادَّ مُفيدةٍ من الوُقُدِ السَّائلةِ والنِّفْطِ والقار.

الحَرْق

التَّرْميدُ أو الحَرْقُ هو الوَسيلةُ الأكثَرُ شُيوعًا للتخَلُّصِ من النُّفايات. وإذا جَرى ذلك في مُرَمِّداتٍ حديثةٍ فيُمكن الحُصولُ من هذه النُّفايات على طاقةٍ حَراريَّةٍ تُسْتَخْدَمُ في تَوليدِ الكَهْرباء. أمّا النُّفاياتُ العُضْويَّةُ، كبَقايا الأطعِمة، فيُمكِنُ تَحْويلُها إلى دُمالٍ يُعادُ سمادًا إلى التُّرْبة. ويُمكِنُ تعريضُ النُّفاياتِ العُضْويَّةِ لِفِعْلِ أنواعٍ خاصّةٍ من البكتيريا لإنتاجِ غازِ الميثان، الذي يُمكِنُ جَمْعُه وحَرْقُه وَقُودًا.



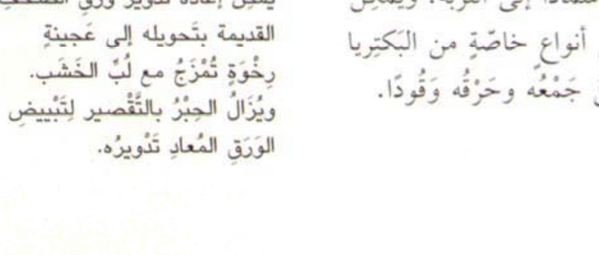
هذا الرَّمْزُ الدَّوليُّ يُبيِّنُ أنَّ البِطاقةَ أو الظَّرفَ أو عُلْبةَ التَّوضيبِ مُصَنَّعةٌ من الوَرَقِ المُعادِ تَدْويرُه.



يُمكِنُ إعادةُ تَدْويرِ وَرَقِ الصُّحُفِ القديمة بتَحويله إلى عَجينةٍ رِخْوةٍ تُمْزَجُ مع لُبِّ الخَشَب. ويُزالُ الحِبْرُ بالتَّقْصير لِتَبْييضِ الوَرَقِ المُعادِ تَدْويرُه.



لإعادةِ تَدْويرِ الحديد الخُرْدَة يُشَقَّفُ خَليطُ الخُرْدَةِ الفلِزِّيُّ شَقَفًا صَغيرة، ويَتِمُّ فَصْلُ فلِزِّ الحديدِ منه بواسطةِ أُسْطُوانةٍ مِغْنَطيسيَّةٍ مُدَوَّمة (إلى اليَسار). ثُمَّ تُلْتَقَطُ النُّفاياتُ يَدَويًّا ويُصارُ بعْدَ ذلك إلى صَهْرِ الشَّقَفِ الحديديَّةِ النَّظيفةِ لتَحَوَّلَ إلى فُولاذٍ جَديد.



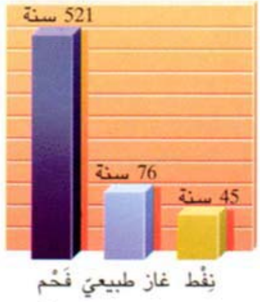
البُوليثين، وهو ضَرْبٌ من اللَّدائن الواسِعِ الاستِعمال في التَّوضيب، يُفْرَزُ ويُضْغَطُ في بالاتٍ قَبْلَ تقديدِه وإعادةِ استِعْمالِه.

أُنْظُر أيضًا

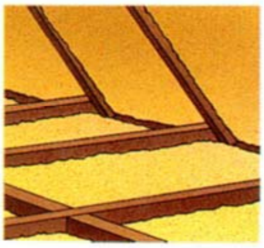
تَشْكيلُ المَوادّ 204 – 205
التوازُنُ الطبيعيّ ص 434 – 435
المَوارِدُ الطبيعيّة ص 456 – 457

المَوارِدُ الطبيعيَّة

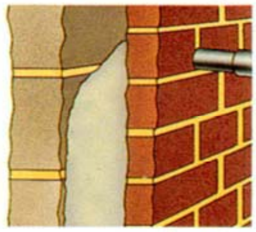
المَوارِدُ هي المَوادُّ التي نَسْتَخدِمُها في صُنْعِ الأَشياءِ التي نَحْتاجُها، والأرضُ تَحْوي مَخْزونًا مَحْدودًا من الكثير منها؛ لكنّ مُعظَمَها لا يُمكِنُ أن يَحُلَّ محَلَّه بَديلٌ بعدَ استِهْلاكه.



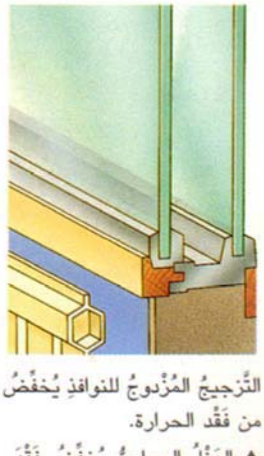
هذا الرَّسْمُ البَيانيُّ يُحَدِّد الزَّمنَ المُتوَقَّع لِدَوامِ الوُقُد الأحفوريَّة الرئيسيَّة الثلاثة بمُعدَّل الاستِهلاك الحاليّ.



صُوفُ الزُّجاج يُسْتَخْدَمُ في تَبْطينِ فُسحاتِ السُّقوف وعَزْلِها.



رُغاوةٌ تُضخُّ في تجاويفِ الجُدران كمادَّةٍ عازِلة.



التَّرْجيجُ المُزْدوجُ للنوافذِ يُخفِّضُ من فَقْد الحرارة.

▲ العَزْلُ الحراريُّ يُخفِّضُ فَقْدَ الحرارة من المَباني ويُوَفِّر الطاقة. ثلاثةُ أساليبَ للعَزْل مُبَيَّنةٌ هنا.

لِتَحْضيرِ وَجْبةِ طعام، نَحتاجُ إلى أغذيةٍ وماءٍ وقِدْرٍ ومَقلًى وسكاكينَ وفُرنٍ ووَقُودٍ لِتَوفير الحرارة. فالأغذيةُ والماءُ، والفِلِزّاتُ، التي صُنِعَتْ منها الأوعيَةُ والفُرْنُ؛ والوَقُودُ الذي يُحْرَقُ لتوليدِ الحرارة هي كُلُّها مَوارِد. وهي توصَفُ بأنَّها طبيعيَّةٌ لأنّنا نَحْصُلُ عليها من الأرض.

الطّاقة

الطاقةُ هي إحدى أهَمِّ مَوارِدِنا، فنحنُ نحتاجُها بتَدفئة مَنازلنا، ولتَشْغيلِ المَصانع وتَسْييرِ المَرْكبات وإنارةِ البُيوت والشَّوارع. ومَصْدرُ الكثيرِ من هذه الطاقة هو الوُقُد الأُحفوريَّة كالفَحْمِ والنِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ – المُتَواجِدَةِ في الأرض بكمِّيّاتٍ مَحْدودة.

كَلِمةُ «أُحفورة» تَعْني «مَحْفورةٌ من الأرض». فالفَحْمُ والنِّفْطُ والغازُ الطبيعيُّ تُسَمَّى وُقُدًا أُحفوريَّةً لأنَّها مُحتَفرةٌ من بقايا نباتاتٍ أو حيواناتٍ تكوَّنَتْ بِبُطءٍ شديدٍ في باطِنِ الأرض على مَدى ملايين السِّنين. وهي غيرُ مُتَجدِّدةٍ، فلا يَحُلُّ مَحَلَّها بَديلٌ بعْدَ استِهْلاكها.

الفِلِزّات

الفِلِزّاتُ مَوارِدُ عظيمةُ القِيمة. فالكثيرُ من الأشياءِ التي نَسْتَخْدِمُها يوميًّا مَصْنوعةٌ من الفِلِزّات. وقد استَخْدَمَ النّاسُ بعضَ الفِلِزّات، كالنُّحاسِ والحديد، على مَدى آلافِ السِّنين. وتتواجَدُ مُعْظمُ هذه الفِلِزّات في خاماتٍ مَعدنيَّةٍ مُعيَّنة – وهي مُرَكَّباتٌ كيماويَّةٌ تَحْوي نِسْبةً عاليةً من الفِلِزِّ المُعيَّن. بِضْعةُ فِلِزّاتٍ فقط، كالذَّهَبِ والنُّحاس، تتواجَدُ نقيَّةً في قِشْرة الأرض. والفِلِزّاتُ التي غدَتْ نادرةً الآنَ تَشْمَلُ الذَّهَبَ والقَصدير والنُّحاسَ والفِضَّةَ والبِلاتين.

الحديدُ هو الفِلِزُّ الذي يُنْتَجُ بالكمِّيّاتِ الأَعظَم؛ وتَتفاوَتُ تَقْديراتُ استِدامَتِه، بمُعدّل التعدين الحاليّ، بين 160 سنة وحوالى 400 سنة. وقد تُكتشَفُ قُراراتٌ جديدةٌ من الفِلِزّات أو تُبْتكَرُ تِقْنيّاتٌ جديدةٌ لِتَعْدينِ الموارِدِ المَوجودةِ بكِفايةٍ أكثَرَ. لكنَّ تكاليفَ التَّعْدينِ ستَرتَفِعُ وستَبْقى الحاجةُ ماسَّةً إلى بدائلَ لِبعضِ الفِلِزّات.

مَوارِدُ تحتَ الماء

نحنُ نَحصُلُ على مُعظَمِ المعادنِ التي نَستَخْدِمُها من المَحاجِر والمَناجِم على اليابِسَة، لكنْ يجري استِخْراجُ كمِّيّاتٍ من النِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ من طَبَقاتٍ صَخْريَّةٍ تحتَ المُحيطات. ويُتوقَّع أن تتمكَّنَ مَكناتٌ روبوتيَّةٌ، في المُستَقْبَل، من تَعْدينِ قِيعانِ المُحيطاتِ العَميقة. إنَّ قاعَ البَحْر ومياهَ البحارِ ذاتَها غَنِيَّةٌ بالمعادن – بحيثُ يُمكِنُ الآنَ سَفْطُ عُجَيْراتٍ مَنْغَنيزيَّةٍ من قِيعان البِحار العميقة. كما يُمكِنُ استِخْلاصُ معادنَ أخرى كيماويًّا من مياهِ المُحيطات.



يَروي المُزارِعون زُروعَهُم إذا شَحَّ المَطَرُ لِيَستَمِرَّ نماؤها. هذه المِرَشّاتُ تَروي الأشجارَ في بُستانِ تُفّاحٍ خلالَ صَيْفٍ حارّ.



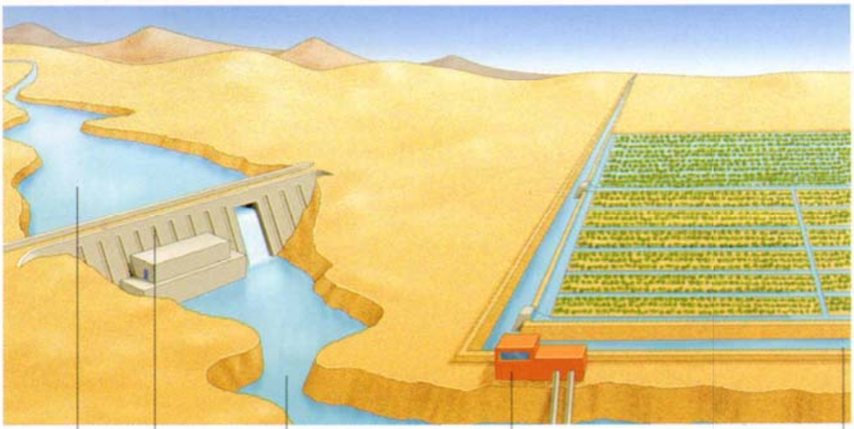
المَوارِدُ المُتَجَدِّدة تَشمَلُ نباتاتٍ كالأشجارِ التي تُزْرَعُ لأخشابِها. وما دُمنا لا نستَخْدِمُ أمثالَ هذه المَوارِدِ القَيِّمةِ أسْرَعَ مِمّا تُنتِجُه الأشجارُ الجديدة، فسَيَظَلُّ لدَينا مَدَدٌ مُستَدامٌ من المُنْتَجاتِ الخَشَبيَّة.



المَوارِدُ اللّامُتَجَدِّدة تُفقَدُ إلى الأبد عندما تُستَهلك. لقد أُحرِقَت الوُقُدُ الأحفوريَّةُ، كالفَحْم والنِّفْطِ والغازِ الطبيعيّ بكمِّيّاتٍ ضَخْمةٍ على مَدى الـ 200 سنةِ الماضية، وما لم يُضْبَطْ هذا الاستِهْلاكُ بفَعاليَّةٍ أكثَرَ، فإنَّها ستَنْفَدُ عن قريب.

دواميَّةُ الموارِد اللَّامُتجَدِّدة

لا أحدَ يَعْلَمُ متى ستَنْضُبُ مَوارِدُ الأرض اللَّامُتجَدِّدة؛ فلا تَزالُ تُكتشَفُ كمِّيَّاتٌ احتياطيَّةٌ جديدةٌ من الفَحْم والنِّفْط والغازِ الطبيعيِّ على اليابسَةِ وفي البِحار. لكِنَّ بعضَ هذا الاحتياطيِّ الجديدِ يَصْعُب التوصُّلُ إليه؛ واستِخْراجُ الوَقود منه سيَكونُ باهِظَ التكْلِفة. ويُعتقَدُ أنَّ هنالك من اليورانيُوم (الوَقود المُستَخْدم في مَحَطَّاتِ القُدْرة النَّوويَّة) والفَحْم الحَجَريِّ ما يَكْفي لِيَدومَ عِدَّةَ مئاتٍ من السِّنين. لكِنَّ النِّفْط والغازَ الطبيعيَّ، الأقَلَّ وَفْرَةً، قد يَنْفَدان خِلالَ القَرْنِ الحاليّ والمُؤكَّدُ أنَّه ذاتَ يوم في المُستَقْبَل، ستُسْتَنْفَدُ جميعُ الوُقُد الأحفوريَّة بالكامِل – لِذا فإنَّه من المُهِمِّ أنْ نتحَوَّلَ تَدْريجيًّا إلى مَوارِدِ طاقَةٍ أُخرى مُتجَدِّدة.



مَشاريعُ الرَّيِّ الضَّخْمةُ تعتمِدُ غالبًا على سَدٍّ يَحْتَجِزُ الماءَ خَلْفَه في مُسْتودعِ تَخْزين. وتَدْفَعُ مِضَخَّاتٌ الماءَ عَبْرَ قَنَواتٍ ثانويَّةٍ لِتوزيعِه على المَزْروعات في الحُقول. كما قد تُسْتَخْدَمُ مياهُ السَّدِّ المُسقطَةُ لِتوفيرِ طاقةٍ بِتَشْغيل وَحَداتِ تَوليدِ القُدْرةِ الكهرمائيَّة.

الماءُ واستِخْداماتُه

يَتَغطَّى ما يَفوقُ 70 بالمئة من سَطْح الأرض بالمياه، قد يَتبادر إلى الأذهان أنَّ الماءَ مُتوفِّرٌ بِكَثرة. لكِنَّ الماءَ العَذْبَ لا يُشكِّلُ سِوى 3 بالمئة فقَطْ من هذه المياه – وأكثَرُ من ثلاثةِ أرباعِ هذا الماءِ مُتجَمِّدٌ يَتواجَدُ مُعظمُه حَوالَي القُطْبَيْن الشَّماليِّ والجَنوبيّ. إنَّ حوالَى ثُلُثِ سُكَّانِ العالَم يَعيشون في مناطِقَ شَحيحَةِ الأمطار أولا يُرْكَنُ إلى أمطارِها، والماءُ فيها مَوردٌ نَفيس.

حوالَى 75 بالمئة من الماء الذي نَستَخْدِمُه يَستَفيدُه المُزارعون في رَيِّ الزُّروع. وهذه النِّسبَةُ ترتَفِعُ إلى حوالَى 90 بالمئة في البُلدان الفَقيرة. إنَّ إقامةَ السُّدودِ لاحتِجازِ الماءِ في بُحَيْراتٍ اصطِناعيَّةٍ هي إحدى الوسائلِ التي تُوَفِّرُ الماءَ لِمَشاريعِ الرَّيّ. والوَسيلةُ الثانيةُ هي جَرُّ الماءِ في قَنَواتٍ من مِياهِ الأنهار. أمّا الثالِثَةُ فهي إقامةُ وَحَداتِ التحلِيَة لإزالةِ المُلوحَة من مياه البَحْر وتحويلِها إلى مياهٍ عَذْبة.

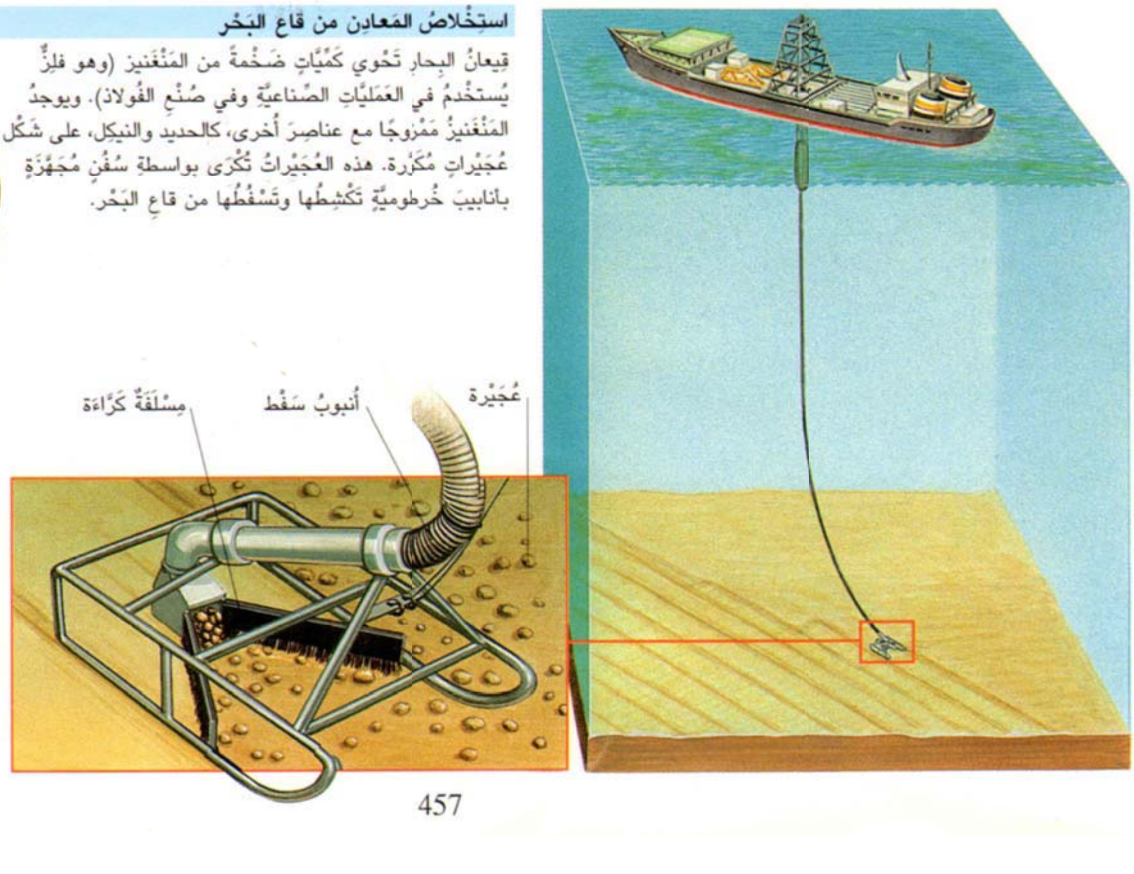
يُمكِنُ بالرَّيِّ تَحْويلُ الأراضي شِبْهِ الصَّحْراوية إلى أراضٍ صالِحَةٍ للزِّراعة لِتُنْتِجَ محاصيلَ ما كانَتْ مُتاحَةً قَبْلًا. لكِنَّ وسائلَ الرَّيِّ التقليديَّةَ قد تكونُ مُبَدِّدةً للماءِ – إذْ إن حوالَى ثُلُثِ ماءِ هذا الرَّيِّ فقَطْ يُستَفادُ منه فِعْلًا في نَماءِ النَّباتات، والباقي يتَبَدَّدُ إمّا بالتبَخُّرِ أو بالتغَلْغُلِ عميقًا في التُّربة. لِجَعْلِ عَمليَّةِ الرَّيِّ أكثرَ فعاليَّةً، يُمكِنُ استِخْدام نَضّاحاتٍ تُوصِلُ الماءَ إلى جُذورِ النَّباتاتِ مُباشَرةً.

استِخْلاصُ المَعادِن من قاعِ البَحْر

قيعانُ البِحار تَحْوي كَمِّيَّاتٍ ضَخْمةً من المَنْغَنيز (وهو فلِزٌّ يُستخْدَمُ في العَمَليَّاتِ الصِّناعيَّةِ وفي صُنْعِ الفُولاذ). ويوجدُ المَنْغَنيزُ مَمْزوجًا مع عناصِرَ أُخرى، كالحديد والنيكِل، على شَكْلِ عُجَيْراتٍ مُكَرَّرة. هذه العُجَيْراتُ تُكْرَى بواسطةِ سُفُنٍ مُجَهَّزَةٍ بأنابيبَ خُرطوميَّةٍ تَكْشِطُها وتَسْفُطُها من قاعِ البَحْر.



تَبْدو العُجَيْراتُ كحَبَّاتِ البَرَد؛ ويتألَّفُ خُمْسُ العُجَيْرةِ تقريبًا من المَنْغَنيز. تُجرَفُ المَعادِنُ إلى البَحْر مع المياهِ المُنْدَفِقة عَبْرَ اليابِسَةِ ظاهِرًا وباطِنًا في عمليَّةِ التَّعْرية.



اُنْظُر أيضًا

النِّفْطُ والتكرير ص 210 – 211
الغازُ الطبيعيّ ص 212
الفَحْمُ الحَجَريّ ص 213
الطاقةُ المُتجَدِّدة ص 458 – 459

الطَّاقةُ المُتَجَدِّدة

مَصادِرُ المَوادِّ والطاقةِ التي يُمكِنُ استِخْدامُها مِرارًا وتَكْرارًا تُسَمَّى مَوارِدَ مُتَجَدِّدة. واستِخْدامُ أمثالِ هذه المَوارِدِ يُساعِدُنا في الحِفاظِ على كوكَبِنا.



قُدْرةُ الرِّياح مُلائمةٌ لِلْمُهِمّات المُسْتَمِرَّة. هذه الطاحونةُ الهوائيَّةُ تُشَغِّلُ مِضَخَّةً؛ والمِضَخَّةُ بِدَوْرِها تَرْفَعُ الماءَ من قَنَواتِ الرَّيِّ إلى الحُقُول.



صفوفٌ من التُّرْبينات الهوائيَّة الثُّلاثيَّةِ الأرياش في حَقْلِ تُرْبيناتٍ هوائيَّةٍ في كاليفورنيا، بالولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. قُدْرَةُ الرِّياح نَظيفةٌ بيئيًّا وإسهامُها مُفيدٌ في إمدادات القُدْرة.

المَوارِدُ المُتَجَدِّدةُ تَشْمَلُ الرِّياحَ التي تَهُبُّ باستِمْرارٍ تَقريبًا. ويُمكِنُ تَسْخيرُ قُدْرةِ الرِّياح لِتَسْييرِ المكِناتِ وتَوليدِ الكهرباء. ومن المَوارِدِ المُتَجَدِّدةِ الأُخرى الشَّمْسُ ومياهُ الأنهارِ والمُحيطات، والطَّاقةُ التي تُنتِجُها النَّباتاتُ والحيوانات.

قُدْرةُ الرِّياح

استُخْدِمَتِ الطواحينُ الهوائيَّةُ منذُ القِدَمِ في تَسْييرِ آليّاتٍ لِطَحْنِ الحُبوبِ أو لِتأديةِ مُهِمَّاتٍ أُخرى. حاليًّا، تَضُخُّ طواحينُ الهواءِ الماءَ من مَكامِنَ جَوفيَّةٍ تحتَ الأرض. كما تُسَيِّرُ مُوَلِّداتٍ تُرْبينيَّةً لِتَوليدِ الكهرباء بلا تَلَوُّث.

المَجْموعةُ من الطواحين الهوائيَّةِ الحديثةِ تُوَلِّفُ حَقْلَ تُرْبيناتٍ هوائيَّة. والطواحينُ الهوائيَّةُ الأكثرُ فعَاليَّةً هي ذاتُ الدَّوَّارِ الثُّنائيِّ أو الثُّلاثيِّ الأرياش - الشَّبيهِ بِمِروَحةِ دَسْرِ الطائرات. ويُوَضَّعُ مُولِّدٌ كهربائيٌّ في رأسِ حامِلِ الدَّوار الذي يُحافِظُ على بَقاءِ الأرياشِ مُتَّجِهَةً ضِدَّ الرِّيح أثناءَ دورانه. وهنالك أيضًا طواحينُ هوائيَّةٌ ذاتُ أرياشٍ مُقَوَّسَةٍ تَدُوْمُ حَوْلَ مِحْورٍ عَموديّ.

القُدْرةُ الشَّمْسيَّة

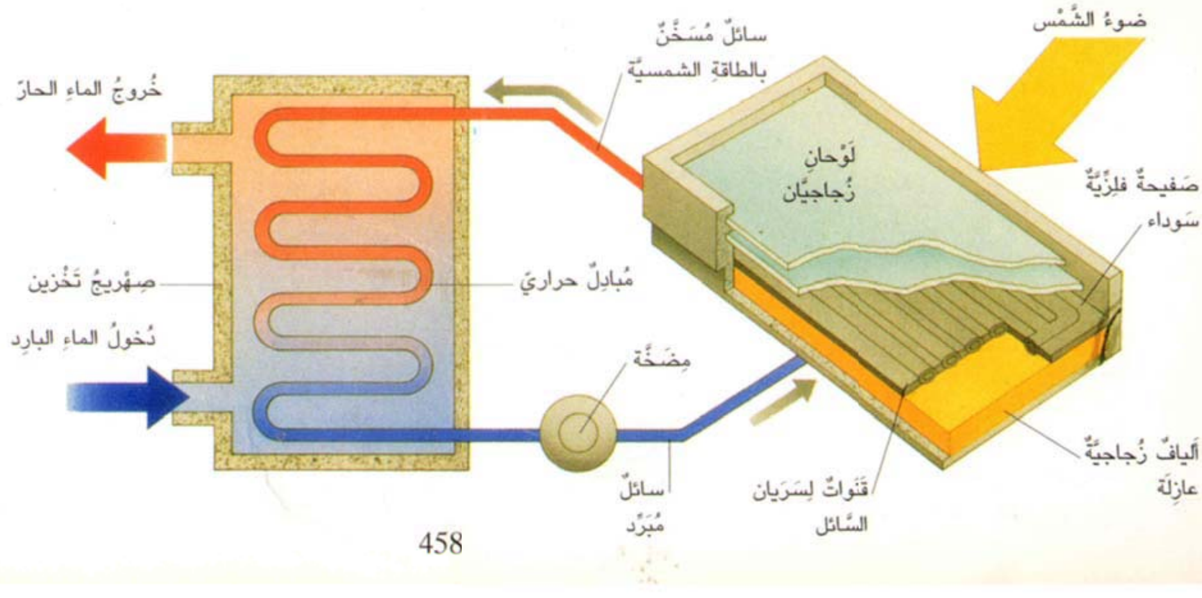
تَبْعثُ الشَّمْسُ كمِّيّاتٍ من الطاقةِ المُوَلَّدةِ بتفاعُلاتِ الاندماجِ النَّوويِّ في داخِلِها. وتَتلَقَّى الأرضُ جُزْءًا ضئيلًا من هذه الطاقة - لكِنَّه كافٍ لِجَعْلِ الحياةِ مُمْكِنةً على كوكَبِنا. القُدْرةُ الشَّمْسيَّةُ تُوَفِّرُ شَكْلًا نَظيفًا جِدًّا من الطاقةِ الحراريَّةِ ليسَ له أيُّ تأثيراتٍ بيئيَّةٍ جانبيَّة. فالخلايا الشمسيَّة، كالتي تُسْتَخْدَمُ في المَرْكباتِ الفَضائيَّة، تُحَوِّلُ ضوءَ الشَّمْسِ مُباشرةً إلى كَهْرباء. والمَأطوراتُ الشمسيَّةُ المُركَّبَةُ على سُقوفِ المَباني تُسَخِّنُ الماءَ لِمُختَلِفِ الاحتياجاتِ المَنْزليَّة. وتَسْتَخْدِمُ الأفرانُ الشمسيَّةُ مَرايا مُقَوَّسَةً ضَخْمَةً تُبَئِّرُ أشِعَّةَ الشَّمْس لإحمائها.



جَرَّةٌ كبيرةٌ يَتجمَّعُ فيها ماءُ المَطَرِ السَّاقِطُ من سَقْفِ المَنْزل - وهي نَبيطةٌ بَسيطةٌ لا تَزالُ تُستَخْدَمُ لِتوفيرِ الماءِ في المناطِقِ المُتَخَلِّفة.

القُدْرَةُ النَّباتيَّة

حَطَبُ الوَقْدِ يُمكِنُ أن يكونَ مَوْرِدًا مُتَجَدِّدًا إذا تَوالَى غَرْسُ ما يَكْفي من الأشْجارِ الجديدة لاستِدامتِه. لكِنَّ حَرْقَ الخَشَبِ يُحْدِثُ تَلَوُّثًا ويَزيدُ من الحمُوِّ العالَميّ. وتُوَفِّرُ النَّباتاتُ مَصْدرًا قَيِّمًا مُمكِنًا من الوُقُدِ والكيماويَّاتِ والمَوادِّ الأُخرى. فَفُولُ الصويا والزَّيتونُ يُزْرعان خِصِّيصًا لِزُيُوتِهما المُسْتَخْدمةِ أساسًا في الطَّبْخ. وهنالكَ نَباتاتٌ أقَلُّ شهْرةً، كَنَباتِ الكريوسُوت، تَحْوي كيماويَّاتٍ زَيْتيَّةً قد تُوَفِّرُ ذاتَ يومٍ وَقُودًا بَديلًا للبترول. وقد جَرى فِعْلًا تَصْنيعُ سيَّاراتٍ تَعْمَلُ على وُقُدٍ مُسْتَخْرَجَةٍ من قَصَبِ السُّكَّرِ ومن نَباتاتٍ أُخرى.



في مَنْظومةِ التدفئةِ الشَّمْسيَّة، تُحْتَبَسُ الطاقةُ من ضَوءِ الشَّمْس داخِلَ مأطورةٍ مُغَطَّاةٍ بالزُّجاج بواسِطةِ صَفيحةٍ سَوْداءَ تَمْتَصُّ الأشِعَّةَ الحراريَّة. الطاقةُ الحراريَّةُ تُسَخِّنُ السَّائلَ السَّاري عَبْرَ مُبادِلٍ حراريٍّ يُسَخِّنُ الماءَ للتدفئةِ المَنْزليَّة.





لا تَزالُ الحيواناتُ مَصْدرَ قُدْرةٍ مُفيدًا. ففي غاباتِ تايلَنْد الكثيفةِ، تُنْقَلُ جُذوعُ الشَّجَر بواسِطة الفِيَلَةِ المُدَرَّبة. وهي أقَلُّ تكلِفةً من المَكِنات. وتُلْحِقُ ضَررًا أقلَّ بالبيئة.

سَدُّ هُوفَر المُقامُ على نَهْر كولورادو بين أريزونا ونيڤادا في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة يبلُغُ ارتفاعُه 221 مترًا وطولُه 379 مترًا ويَحْتَجِزُ 000 360 3 متر مُكعَّب من المياه، ويُولِّد حوالى 1,5 مليون كيلوواط من الكَهْرباء. بالمُقارنة فإنَّ ارتفاعَ السَّدِّ العالي في أسوان على نَهْر النيل يبلُغُ 111 مترًا وطوله حوالى 3,8 كيلومتر. ويَحْتَجِزُ مياهًا في بُحَيْرة ناصِر تُقَدَّرُ بحوالى 164 بليون متر مُكعَّب ويُولِّد من الطاقة الكهربائيَّة 2100 ميغاواط.

القُدْرةُ الحيوانيَّة

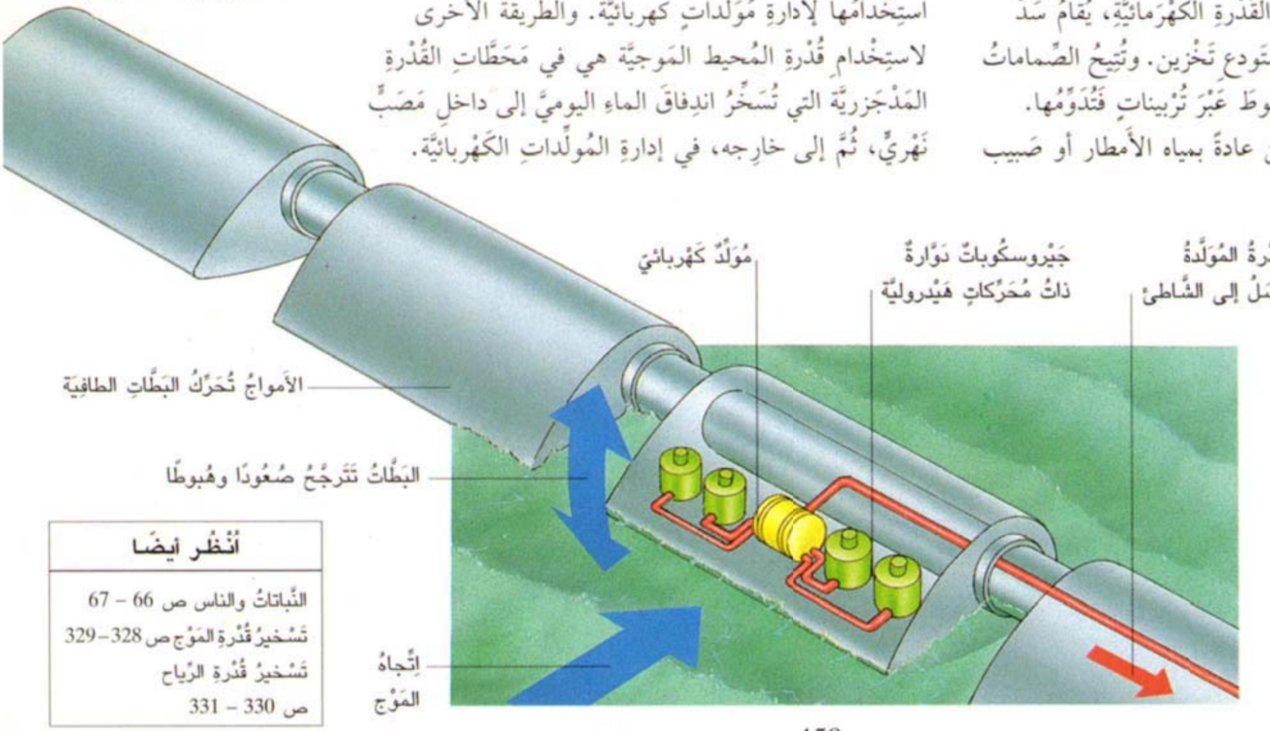
الحيَواناتُ العامِلَةُ هي أحدُ أقدمِ مَواردِ الطاقة للجِنْس البَشريّ. فالخَيْلُ والحَميرُ والجِمالُ والثِّيرانُ والفِيَلةُ لا تَزالُ تُستَخْدمُ لِنَقْل الأَحمالِ أو جَرِّ العَربَاتِ في مناطِقَ عديدةٍ من العالَم. وبالنِّسبَةِ لِمُزارعٍ صغير، يَظَلُّ الحصانُ أرْخصَ تَكْلِفةً من التراكتور – فهو لا يَحْرقُ وَقودًا ولا يُحْدِثُ تَلَوُّثًا. وأحيانًا تَسْتطيعُ الحيواناتُ العَملَ في الأماكنِ الرَّدِغةِ المُوحِلَةِ حيثُ تُبْلَطُ المَكِنات.

القُدْرةُ المائيَّة

تُوَفِّرُ المياهُ السَّاقِطَةُ قُوَّةً طبيعيَّةً قادِرَةً على إدارةِ التُّرْبيناتِ لِتَوليدِ الكَهْرباء. ففي مَحطَّةِ القُدْرةِ الكَهْرَمائيَّةِ، يُقامُ سَدٌّ لِتَخزين الماءِ في بُحَيْرةٍ أو مُسْتَودع تَخْزين. وتُتيحُ الصِّماماتُ لِكمِّيَّاتٍ كافِيَةٍ من الماءِ السُّقوطَ عَبْرَ تُرْبيناتٍ فَتُدَوِّمُها. ويُداوَمُ مَلْءُ مُسْتَودعِ التَّخْزين عادةً بمياه الأَمطار أو صَبيب الأَنهار. وفي وَحَداتِ القُدْرةِ الضَّخِّيَّةِ التَّخْزين، هنالك خَزَّانانِ على مُسْتَوِيَيْن مُختلِفَيْن؛ فَيُضَخُّ الماءُ صُعُدًا من الخَزَّانِ السُّفْليّ لِمَلْءِ الخزَّان العُلْويّ. ويَجْري هذا الضَّخُّ لَيْلًا عندَ انخِفاضِ الطَّلَبِ على الكهرباء بحيثُ يكونُ الخزَّانُ العُلْويّ قد تعبَّأ بِحُلولِ الفَجْر لِمُجابَهةِ الطَّلَب الزائد.

القُدْرةُ المَوْجيَّة

يُمكِنُ تَوليدُ الكَهْرباء باستِخْدامِ حَرَكةِ المَوْج في المُحيط. ومَعْلومٌ أنَّ الماءَ لا يَنْتَقِلُ مع الحَرَكةِ المَوْجِيَّةِ، بَلْ يَتحرَّكُ صُعُودًا ونُزُولًا. هذه الحَرَكةُ التَرَجُّحيَّةُ للماءِ يُمكِنُ استِخْدامُها لإدارةِ مُوَلِّداتٍ كهربائيَّة. والطريقةُ الأُخرى لاستِخْدامِ قُدْرةِ المُحيط المَوجيَّة هي في مَحَطَّاتِ القُدْرةِ المَدْجَزريَّة التي تُسَخِّرُ اندِفاقَ الماءِ اليوميَّ إلى داخلِ مَصَبٍّ نَهْريٍّ، ثُمَّ إلى خارجه، في إدارةِ المُولِّداتِ الكَهْربائيَّة.



إحدى الوَسائلِ لِتَوليدِ القُدْرةِ من أمواجِ المُحيط تَسْتَخْدِمُ صُفوفًا من الأطوافِ تُسَمَّى «بَطَّاتٍ مُتَرَجِّحةً». وبِتَرَجُّحِ الأطوافِ صُعُودًا وهُبوطًا تُوَلِّدُ طاقةً حَرَكيَّةً تُسْتَخْدَمُ لِتَوليدِ الكهرباء. فالقَبُّ، حيثُ يَتمَحْوَرُ كُلُّ طَوْف، يَحْوي إمَّا مُولِّدًا لتوليدِ الكهرباءِ مباشَرةً، أو مِضَخَّةً مائيَّةً تَدْفَعُ الماءَ عَبْرَ الطَّوْفِ إلى تُرْبينٍ يُديرُ مُولِّدًا كهربائيًّا.

أُنْظُر أيضًا

النَّباتاتُ والناس ص 66 – 67
تَسْخيرُ قُدْرةِ المَوْج ص 328 – 329
تَسْخيرُ قُدْرةِ الرِّياح ص 330 – 331

تغَيُّرُ المُناخ

الأَرْضُ آخِذَةٌ بالتَّسَخُّنِ حَسْبَما يَرْتئي الكثيرُ من العُلماء. ومِثْلُ هذا التَّغَيُّرِ سَيُغيِّرُ صَفَحاتِ الأرضِ وأجواءَها وتَضاريسَها ويُبَدِّلُ الزُّروعَ والمحاصيلَ التي نَزْرَعُ ونَجْني، ويُؤثِّرُ في الجَماعاتِ والبيئاتِ الطبيعيَّةِ الحاضِرة.



الأحداثُ الطبيعيَّةُ، كالثَّوَراناتِ البُركانيَّة، تُؤثِّرُ أيضًا في المُناخ. فالثَّورانُ الضَّخْمُ لبُركان جَبَل بِناتُيوبو، في الفيليبين عامَ 1991، قذَفَ سُحُبًا ضَخمةً من الموادِّ المُلَوِّثةِ في الجَوّ. فخَفَّضَت الأدخنَةُ والرَّمادُ كمِّيَّةَ ضَوءِ الشَّمْس الواصِلِ إلى الأرض إلى دَرجةٍ بدَّلَتِ الطَّقْسَ المَحَلِّيَ وأثَّرَتْ في المُناخِ حَولَ الكُرَةِ الأرضيَّة.

في الماضي كان تَسَخُّنُ مُناخِ الأَرض وتَبَرُّدُه يَجْري دَوريًّا على مَدى مَلايينِ السِّنين. فخِلالَ العُصورِ الجليديَّةِ، كان المُناخُ أبرَدَ، ثُمَّ تَسَخَّنَ ثانيَةً. ومنذُ العَقْدِ الأَوَّلِ من القَرْنِ الثامِنَ عَشَر، أخذَتِ التغيُّراتُ المُناخيَّةُ تَحْدُثُ بِسُرْعةٍ أكبر. ويُجْمِعُ مُعْظَمُ العُلَماءِ على أنَّ الناسَ هُم سبَبُ هذا «الحمُوِّ العالميّ» المُتَسارع. فمَصانِعُنا ومَنازِلُنا وسيَّاراتُنا تَبْعثُ غازاتٍ مُتَبَدِّدَةً تَرْتفعُ في الجَوّ، فتَحْتبِسُ الحرارةَ كبَطَّانيَّةٍ «تُدَفِّئُ» الكُرَةَ الأرضيَّة. وإذا ما استَمَرَّ الحمُوُّ العالميُّ على هذا النَّمَط، فقد يُغَيِّرُ مُناخاتِ العالَم ويتَسبَّبُ في ارتفاعِ مُسْتَويات سَطْحِ البَحْر.



حَمْلَةٌ وِقائيَّةٌ، في أُستراليا تَحُثُّ الناسَ على ارتداءِ قُمصانٍ ولُبْسِ قُبَّعات وذلِكَ أجسامَهم بِنَطولٍ واقٍ يَحْميها من أشِعَّةِ الشَّمْس فوقَ البنَفْسَجِيَّة.

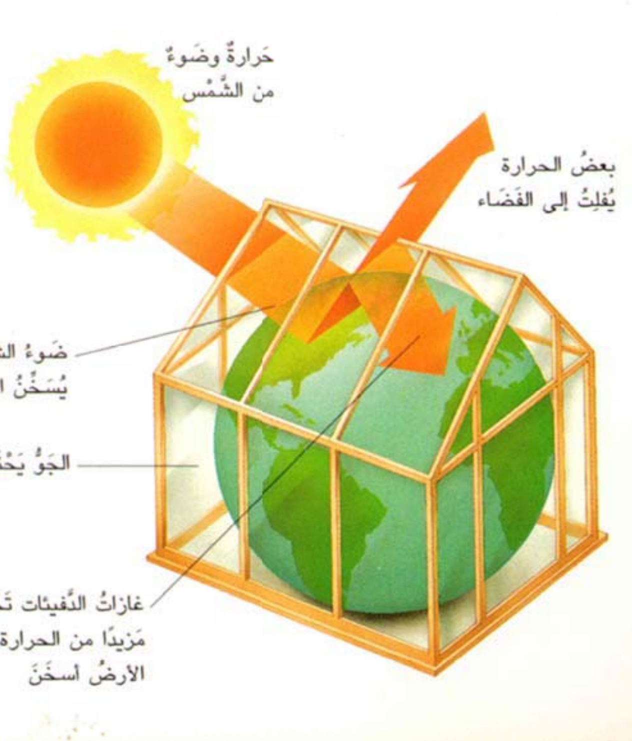
فَقْدُ الأُوزون

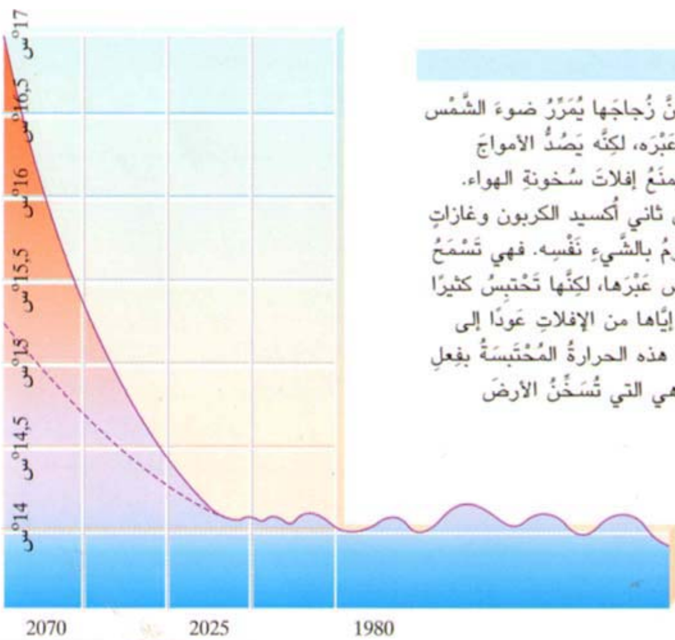
في سَبْعينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، اكتَشَفَ العُلَماءُ أنّ شيئًا غيْرَ عاديٍّ يَحْدُثُ في طَبَقَةِ الأُوزون فوقَ القُطْبِ الجنوبيّ. هذه الطبَقَةُ الغازيَّةُ الواقِيَةُ تَحْجُبُ عنّا الأشِعَّةَ فوقَ البنَفْسَجيَّةِ من الشَّمْس. هذه الأشِعَّةُ مُؤذيةٌ وتُعتَبرُ من مُسَبِّباتِ السَّرَطانِ الجِلْديِّ في البَشَر. فمِنَ الحِكمةِ إذَنْ دَهْنُ الجِسْمِ صَيفًا بَنطُولٍ يَحْجبُ أشِعَّةَ الشَّمْس لحِمايةِ نفْسِكَ من سَفْعَةِ الشَّمْس.

لقد أصبحَتْ طَبقةُ الأُوزونُ أرَقَّ؛ ويَظْهرُ فيها سَنَويًّا ثَقْبٌ فوقَ المِنْطقةِ القُطْبيَّةِ الجنوبيَّة، ولُوحظ مؤخَّرًا ظهورُ ثَقْبٍ مُماثِلٍ أيضًا فوقَ المِنطقةِ القُطْبيَّةِ الشَّماليَّة. وقد تبَيَّنَ أنَّ مُسَبِّباتِ هذه الثُّقوب في طَبقةِ الأُوزون هي مجموعةٌ من غازاتِ كَرْبونِ الفلُور الكلورينيّ المُستَخْدمة في مَرَذَّاتِ الشَّعر ومُعَطِّرات الجَوّ وفي غازِ الثَّلاجات. هذه الغازاتُ تَتَساقُ صُعُدًا في الجَوّ، وتُطلِقُ ذَرَّاتِ الكلُور التي تُفكِّكُ جُزَيئاتِ الأُوزون وتُدَمِّرُ طَبَقةَ الأُوزون. ولِحمايةِ هذه الطبَقة يَجْري حاليًّا استِبْدالُ غازاتٍ أقلَّ ضررًا بغازاتِ كربون الفلُور الكلورينيّ.

ظاهِرةُ الدَّفيئات

تتَسَخَّنُ الدَّفيئاتُ لأنَّ زُجاجَها يُمَرِّرُ ضوءَ الشَّمْس القَصيرَ التَّمَوُّجات عَبْرَه، لكِنَّه يَصُدُّ الأمواجَ الحراريَّةَ الأطولَ فيمنَعُ إفلاتَ سُخونةِ الهواء. والطبَقةُ الدِّثاريَّةُ من ثاني أُكسيد الكربون وغازاتٍ أُخرى في الجَوّ تَقومُ بالشَّيءِ نَفْسِه. فهي تَسْمَحُ بمُرورِ أشِعَّةِ الشَّمْس عَبْرَها، لكِنَّها تَحْتبِسُ كثيرًا من الحرارة، مانِعَةً إيَّاها من الإفلاتِ عَودًا إلى الفَضاء كإشعاعات. هذه الحرارةُ المُحْتَبَسَةُ بفِعلِ «ظاهِرةِ الدَّفيئات» هي التي تُسَخِّنُ الأرضَ تَدْريجيًّا.





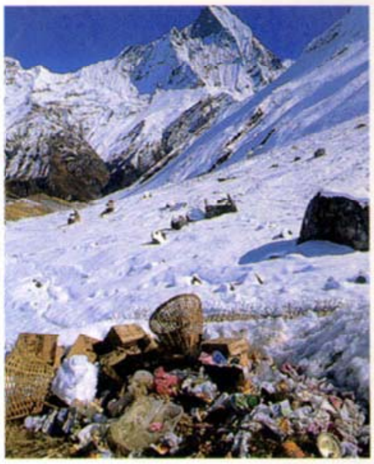
▲ يَتنَبَّأُ بعضُ العُلَماءِ أنَّ درجةَ حرارةِ الأرض قد تَرْتفِعُ 3°س بِحُلولِ العام 2070 ثُمَّ تَثْبُت. الخَطُّ البَيانيُّ يُبيِّنُ أنَّ ذلك سيكونُ ارتِفاعًا حادًّا بالمُقارنةِ مع مُسْتَوياتِ القَرْنِ العِشرين.

أُنْظُر أيضًا

جَوُّ الأرض (الغِلافُ الجوِّيّ للأرض) ص 10 – 11
المُناخ ص 36 – 37
الإشعاع ص 244 – 245

السِّياحَةُ والتُّراث

بإمكان السُّيَّاحِ الآنَ السَّفَرُ إلى أيِّ مكانٍ تَقريبًا، حتَّى إلى القُطْبِ الجَنوبيّ. لكِنَّ السَّفَرَ الجَماعيَّ والسِّياحةَ تُؤثِّران سَلْبًا على الأماكنِ البَرِّيَّةِ كما على المَواقِعِ ذاتِ الأهمِّيَّةِ التاريخيَّة.



نُفاياتٌ مُهْمَلَةٌ على السُّفُوحِ الجَبَليَّةِ في مَحْميَّةِ أنَّاپُورْنا في الهِملايا. لقد تزايدَتْ كثيرًا أعدادُ الناسِ الذين يَزورونَ مناطِقَ الهِملايا، أعلى جبالِ العالَم، بحيثُ غدَتْ بيئتُها الآنَ مُهَدَّدةً بالخَطرِ فِعلًا.

في القَرْنِ التاسعَ عشَر، لم يَحْظَ بِمُشاهدَةِ عجائبِ الأماكنِ النائيَةِ، كجِبالِ الهِملايا، سوى السُّكَّانِ المَحلِّيِّينَ وقِلَّةٍ من المُسافرين المُغامرين. حاليًّا قد يُضطَرُّ مُتَسَلِّقو الجبالِ إلى الوُقوف في صفوفِ انتِظار لِتَسلُّقِ جبلِ إِفْرِسْت، فيما يَنْعَمُ حامِلو حَقائبِ الظهر بِنُزهاتهم سَيْرًا على السُّفُوحِ الجَبليَّة. فَبِمُتاحيَّةِ السَّفَر الجَوِّيّ الرَّخيص التَّكْلِفةِ مُنْذُ خَمْسينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، غدَت السِّياحةُ الجَماعيَّةُ مُمكِنَةً؛ وهي، حاليًّا، صِناعةٌ ضَخْمةٌ ذاتُ وَقْعٍ بيئيٍّ جَسيم. فالطائراتُ تنقُلُ، أسبُوعيًّا، مِئاتِ السُّيَّاحِ من أوروبا وأمريكا الشماليَّةِ واليابان إلى أماكِنَ نائيَةٍ كجامْبيا أو تايْلَنْد أو جُزُرِ سِيشِل. فالناسُ الآنَ يَسْتطيعونَ التَّطْوافَ حوْلَ العالَمِ في بِضْعِ ساعاتٍ فقَطْ. وبإمكانهم زِيارةُ القُطْبِ الجنوبيّ لِالتِقاطِ صُوَرِ الأكواخ التي ترَكَها المُسْتَكْشِفونَ الأوائل، أو مُشاهدةُ الحيَواناتِ الإفريقيَّةِ من مَتْنِ شاحِنَةٍ أو مُنْطاد.

المُتنزَّهاتُ والمواقِعُ التُّراثيَّة

المَحْميَّاتُ الطبيعيَّةُ والمُتَنزَّهاتُ القَوميَّةُ تُؤدِّي وَظيفتَيْنِ رئيسيَّتَيْن. فهِيَ تَحْمي الأماكِنَ والحياةَ البَرِّيَّة، وتُتيحُ أيضًا للناسِ رُؤيَةَ هذه الأشياءِ والاستِمْتاعَ بها. المَواقِعُ التُّراثيَّةُ العالَميَّةُ تَشمَلُ العجائبَ الطبيعيَّة. كالحاجِزِ المَرْجانيِّ العَظيم وصَخْرةِ آيَرْز المِيحاديَّةِ الهائلةِ الحمراء في أُسْتراليا، والإفجيج العَظيم في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة. وهنالك أيضًا المَواقِعُ التاريخيَّةُ، كمدينةِ إنْكا في مَاتْشوپِكْتشُو في الپيرو، وسِتُونْهِنْج في إنكلترا، وأهرامِ الجيزة في مِصْر، والپارْثينون في اليونان، وقَلْعتَي جُبَيل وبَعْلَبَكّ في لُبنان.



▲ هذه الفَنادِقُ تُشَكِّلُ جِدارًا من الخَرَسانةِ على امتِدادِ هذا الشاطِئِ الجميل. لقد عانَتْ عِدَّةُ مَناطِقَ سِياحيَّةٍ من الأضرارِ البيئيَّةِ المُستَحْدَثَةِ وفِقدانِ الكثيرِ من النَّباتاتِ والحيَواناتِ النادِرَة.

المَواقِعُ المُتَغيِّرة

كثيرٌ من أهلِ الحَضَر وسُكَّانِ المُدُنِ يَسْتَطيبُون الاستِمْتاعَ بالهواءِ الطَّلْقِ في الخلاء - مَشْيًا أو تَسلُّقًا أو في زِيارةِ المواقِعِ الشهيرة، أو مُمارسَةِ الرِّياضاتِ الخَطيرة كالتَّزَحْلقِ على الثَّلْج أو تَسلُّقِ الجُرفِ الصخريَّة أو رُكوبِ المَوْجِ بالأزْماث. ومع تَزايُدِ أعدادِ زائري المَناطِقِ المُحَبَّبَةِ وأمثالِها، يَزْدادُ نُشْدانُ المواقِعِ الجديدةِ للاستِثمارِ والتَّطوير. وهذا يَعْني غالبًا إنشاءَ طُرُقٍ جديدةٍ ومَطاراتٍ وفنادِقَ ومُجَمَّعاتٍ للتَّسْلِيَةِ والتَّرْفيه.

وهكذا تَحُلُّ مَلاعِبُ الغُولْف مَحَلَّ الأراضي الزراعيَّة، وتَغْدو الشواطِئُ، التي كانت سالِفًا مَواطِنَ هادئةً لِتَوالُدِ الفُقَمات وفَقْسِ بُيُوضِ اللَّجآت، زاخِرَةً بالأَضواءِ السَّاطِعَةِ والفنادِقِ المُفْعمَةِ بالضَّجيج. والسُّيَّاحُ الذين يُسافِرونَ اليومَ لِمُشاهَدةِ الأماكنِ البَرِّيَّةِ الجَميلةِ، غالبًا ما يَجِدون أنَّ تلكَ الأماكنَ قد زالَتْ نِهائيًّا.

الأماكِنُ البَرِّيَّةُ والمَواقِعُ التاريخيَّةُ تَحْتاجُ إلى حمايَةٍ من تأثيرِ التلَوُّثِ المُدَمِّر. والنَّباتاتُ والحيَواناتُ البَرِّيَّةُ تَحْتاجُ غالبًا إلى مَواطِنَ جديدةٍ ضِمْنَ هذه الصَّفحات الأرضيَّةِ المُتَغيِّرة. إنَّها مَسْؤوليَّتُنا جميعًا أن نَعْمَل حُرَّاسًا لِعجائبِ الأرض وروائِعِها الطبيعيَّة وأنْ نَصُونَها مُتْعَةً للأَجيالِ القادِمَة.



◄ لا تَزالُ السُّهولُ الإفريقيَّةُ غَنِيَّةً بالحياةِ البَرِّيَّة؛ والسِّياحةُ المُراعاةُ بيئيًّا غدَتْ تُؤلِّفُ بِسُرْعةٍ جُزْءًا حيَويًّا من اقتِصاديَّاتِ القارَّةِ كُلِّها. هنا، يَطْفو مُنْطادُ هواءٍ ساخِنٍ فوقَ مَحْميَّةِ مَاساي مَارا الوَطنيَّةِ في كينيا. حاليًّا، يَقومُ السُّيَّاحُ بزياراتِهم ونُزْهاتِهم لِلتَّصيُّدِ بكَمراتِهم لا بِبَنادِقِهم.

أُنْظُر أيضًا

إنقاذُ الغاباتِ المَطيرة ص 438 - 439
الإنفِجارُ السُّكَّانيّ ص 446 - 447
صِيانةُ البيئةِ والمَوارِدِ الطبيعيَّة ص 462 - 463

صِيانَةُ البيئةِ والمَوارِد الطبيعيَّة

الصِّيانَةُ لُغَويًّا تَعْني الحِفاظَ، وهي هُنا تَشْمَلُ مُخْتلِفَ الإجراءَات والتدابير المُتَّخذةِ أو التي يجِبُ اتِّخاذها لِصِيانَةِ الأرضِ ومَوارِدها. فإصلاحُ الأضرارِ التي لَحِقَتْ بكوكَبِ الأَرض، بخاصَّةٍ خِلالَ القَرْنِ العِشْرين، هو مَسْألَةٌ حَيَويَّةٌ لِمُستَقْبلِ البَشَر.

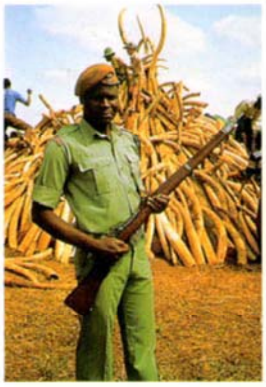


يَسْتَوطِنُ هذا الكَبْشُ جبالَ الرُّوكيز العاليَةَ في الولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّة. هذا النَّوعُ من الأغنامِ مُهَدَّدٌ بالانقراض نَتيجَةً لِتَصَيُّدِ الهُواةِ وفقدانِ المَوطِنِ البيئيّ والأمراضِ التي تَنْتَقِلُ إليه من الأغنامِ الأليفة.

صِيانةُ البيئةِ تَعْني العِنايَةَ بالأرض واستِخْدامَ مَوارِدها بِحِكْمَةٍ وتَدَبُّر. ففي الـ 30 سنَةً الماضيَةِ تزايَدَ عَدَدُ الواعينَ إلى مَدى الضَّرَرِ اللَّاحقِ بالبيئةِ نَتيجَةً للسُّلوكيَّاتِ الطائشَةِ والجَشِعَةِ وغيرِ المَسْؤولة. وقَد قامَ البيئيُّونَ وحُماةُ البيئةِ بتِبْيانِ حقائقِ ووَقائعِ تَدْميرِ الحياةِ البَرِّيَّةِ والمَواطِنِ البَرِّيَّة. والحكُوماتُ جاهِدَةٌ الآنَ لِسَنِّ قوانينَ تُخَفِّضُ كمِّيَّاتِ التلَوُّثِ التي تُطْلَقُ في الماءِ والهواء. ومَشاريعُ إعادةِ التَّدْوير ناشِطَةٌ لِتَشْجيعِ الناسِ على تَدوير وإعادةِ استِخْدام الأَشْياءِ والموادِّ التي اعتادوا رَمْيَها واطِّراحَها.

إجراءَاتٌ دَوليَّة

قد تكونُ حِمايةُ البيئةِ شأنًا مَحَلِّيًّا- كإنقاذِ شَجَرةٍ من القَطْع أو إنشاءِ مَحْمِيَّةٍ صَغيرةٍ لِلحَياةِ البَرِّيَّة. لكِنَّ مُعالَجةَ المَشاكِلِ العالميَّةِ، كتَدْميرِ الغاباتِ المَطيرةِ، تَسْتَدعي إجراءَاتٍ عالميَّةَ النِّطاق. لذا فإنَّ المُؤتمراتِ والمُناقشاتِ الدولِيَّة حوْلَ القَضايا البيئيَّةِ هي في غايةِ الأهمِّيَّة. ففي مُؤتمرِ قِمَّةِ الأرض عام 1992، في ريو دي جانيرو، بالبرازيل، وما تبِعَه من مؤتمرات رسمَتْ عِدَّةُ حُكوماتٍ خُطَطًا إجرائيَّةً عالميَّةً لإنقاذِ كوكَبِ الأرض. والمَطْلوبُ من الجميعِ الآنَ الاقتِناعُ بهٰذه الخُطَط والعمَلُ بِمُوجِبِها.



▲ أحدُ حُرَّاسِ مَحميَّةِ صَيْدٍ في كينيا يَحْرسُ كومَةً من أنيابِ الفِيَلَة مُعَدَّةً للإحراق كجُزْءٍ من حَمْلَةِ الحِمايةِ لِرَدْعِ لُصوص الصَّيْدِ ومَنْعِ المُتاجَرةِ غيرِ الشَّرْعيَّةِ بالعَاج.



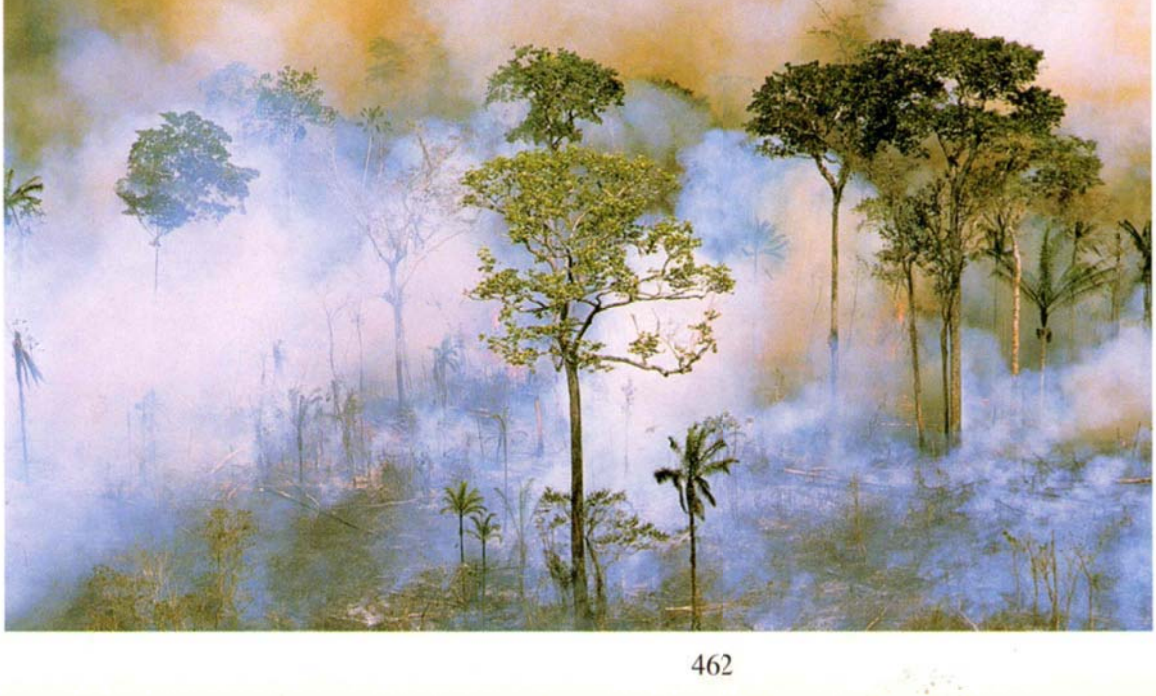
لَجاةٌ ضَخْمةُ الرَّأسِ تُطْلَقُ حُرَّةً في البَحْرِ الأبيضِ المُتَوسِّط. إنّ وَسْمَ اللَّجَآتِ البَحْريَّة بعَلَّاماتٍ إلكترونيَّة يُتيحُ للعُلَماء مَعرفةَ المَسافاتِ التي تَقْطَعُها هذه الحيواناتُ النادِرَةُ والأماكنِ التي تَتَوالَدُ فيها.

حِمايَةُ الحَياةِ البَرِّيَّة

الطريقةُ العَمليَّةُ الفُضْلى لحِمايَةِ الحياةِ البَرِّيَّة هي الحِفاظُ على مَوطِنٍ بيئيٍّ بكامِلِه لها في مُتَنَزَّهٍ وَطَنيّ. ولإنْجاحِ ذٰلك، يَنْبَغي تَحْقيقُه بِمُساعدة السُّكَّانِ المَحَلِّيِّين. فإذا أفادَ هؤلاء من المُتَنَزَّهِ ومن زُوَّارِه، فمِنَ الأرجَحِ أنَّهم سَيُسْهمونَ إسْهامًا فعَّالًا وناشِطًا في إنجاحِه.

هنالك اليومَ حوالى 60 «مَحْميَّةً أحيائيَّةً» أقامَتْها مُنَظَّمةُ الأُمَمِ المُتَّحدة. وهي تُشَكِّلُ شَبكةً من المناطقِ التي ستَتَضَمَّنُ أمثِلَةً على جميعِ أنماطِ النَّبْتِ الرئيسيَّةِ في العالَم. وتَحْوي هذه المَحْميَّاتُ نَباتاتٍ وأراضيَ زِراعيَّةً على طبيعَتِها، وهي تُدارُ بتَدَبُّرٍ وعِنايةٍ لأَجْلِ حِمايتِها بيئيًّا.

وهذه الحِمايَةُ البيئيَّةُ تَنْطَوي أيضًا على أنشِطَةٍ يَسْتطيعُ أيُّ شَخْصٍ القِيامَ بها. وهي تَشْمَلُ أعمالًا مَيْدانيَّةً تَتَراوحُ بينَ إقامةِ فِرَقٍ لِمُطاردةِ لُصوصِ صَيْد الكَرْكدنَّات الإفريقيَّة وبينَ



◄ حِراجُ الأمازونِ المَطيرةُ ما زالَتْ تَتعَرَّضُ للتَّدْمير اقتِطاعًا للاختِشاب وحَرْقًا للازْدراعِ بتَسارُعٍ كارِثيّ، إضافةً إلى حرائقِ الغاباتِ كهٰذا الحَريقِ في البرازيل. والواقِعُ أنَّه لم يَبْقَ من الغاباتِ المَطيرةِ الأصليَّةِ في العالَم سِوى أقلَّ من النِّصْف، مُعْظَمُها في حَوْضِ نَهْرِ الأمازون في أمريكا الجَنوبيَّة. وقد بلغَ ما فقَدَتْهُ بعضُ البُلدان، كالفيليبين، أكثَرَ من 80 بالمئة من غاباتِها الطبيعيَّةِ المَطيرة.



حِمايَةُ المياه وصِيانَتُها قَضيَّةٌ أساسيَّةٌ وحيَويَّةٌ، بخاصَّةٍ في المناطِقِ حيثُ تَساقُطُ الأمْطارِ مَوسِميٌّ أو غيرُ مُنْتَظِم، ومَدَدُ مياهِ الشُّرْبِ النقيَّةِ غيرُ كافٍ. فآبارُ القُرَى، كهٰذه البِئرِ في بوركينا فاسُو، بإفريقيةَ الغربيَّة، يَنْبغي صِيانَتُها وزيادةُ أعدادِها بحَفْرِ آبارٍ جديدة. ومَع تزايُدِ أعدادِ السُّكّان فإنَّ مَصادِرَ المياه التقليديَّةَ هذه قد تكونُ غيْرَ وافِيَةٍ. وقد تُساعِدُ مشاريعُ مُشارَكةِ المياهِ عَبْرَ الحُدودِ في تدارُكِ ذلك – فتُزَوِّدُ البُلدانُ الغنيَّةُ بالماءِ جيرانَها الأشَدَّ حاجةً بفائضِ ما لدَيها من مياه.

حَفْرِ بِرَكٍ للضفادع. وجَمْعُ الأَموالِ هو جُزْءٌ مُهِمٌّ من أعمالِ حِمايةِ البيئة؛ وهٰكذا التَّعْليمُ والتَّثْقيفُ، لأنَّه بإشراكِ عُنْصُرِ الشَّبابِ في العَمَل، سَتَتحَسَّنُ فُرَصُ تبَنِّي الاختياراتِ الواعيَةِ في المُستَقْبَل. كذلك يَنْبَغي تَقْديمُ النُّصحِ إلى الحكُوماتِ والشَّركاتِ المُتَعَدِّدةِ الجِنْسيَّات، وإطلاعُها على قضايا حِمايةِ البيئةِ واستِثارة حَماسَتِها لِمُجابهةِ تلكَ التحَدِّيات.

أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض

البيئاتُ الطبيعيَّةُ الأكثَرُ تَعَرُّضًا لِخَطَرِ الزَّوال تَشْمَلُ الحِراجَ المَداريَّةَ والأراضِيَ الرَّطْبةَ والشِّعابَ المَرْجانيَّة. ويُحَذِّرُ بعضُ الخُبَراء أنَّه ما لمْ يُصَرْ عاجِلًا إلى اتِّخاذِ إجراءاتٍ حاسِمَة فإنَّ نِصْفَ الأنواعِ الحَيَّةِ حاليًّا سيَكونُ قد زَالَ أو انقَرَض بِحُلولِ العام 2050. إنَّ فِقدانَ نوعٍ نباتيٍّ واحِدٍ هو مأساةٌ بِحَدِّ ذاتِه، لأنَّه مع كُلِّ نَوعٍ نباتيٍّ يُفْقَدُ، هنالك حوالى 30 نوعًا من الحيوانات التي تعتَمِدُ على ذلك النَّوعِ النباتيِّ كغِذاءٍ أو مَوطِنٍ بيئيٍّ قد تواجِهُ الانقِراضَ أيضًا.

إنَّ كُلَّ نَوعٍ نباتيٍّ هو مَخْزَنٌ من المَوارِدِ الجِينيَّة. فزَهْرةُ العِناق (الوِنْكا) الوَرْديَّةُ نَبْتةٌ من الفَصيلةِ الدِّفليَّةِ تُصَنَّعُ مِنها عَقاقيرُ تُفيدُ الأطفالَ المُصابين باللُّوكيميا (سَرَطان الدَّم). ولو كانت هذه النَّبْتةُ قد انقَرَضَتْ، لَمَا كان تَمَّ تعَرُّفُ قِيمَتِها الطِّبِّيَّة.

نَجاحَاتٌ ومَشاكِلُ

النَّجاحاتُ في حِمايةِ البيئة تتحَقَّقُ غالبًا بِبُطْء. ففي عام 1983، لم يكُنْ قد تبَقَّى في كِينيا سِوى 350 كَرْكَدنًّا فقط. وبحُلولِ عام 2000 وبفَضْلِ الجُهودِ المَبْذولةِ ضِدَّ لُصوصِ الصَّيْد من قِبَلِ الصُّندوقِ العالميِّ للحِفاظِ على الطبيعة ومصلحة الخدماتِ الكِينيَّةِ للحياةِ البَرِّيَّة ارتفعَ هذا العَدَدُ إلى ما يَزيدُ على 450 كَرْكدنًّا.

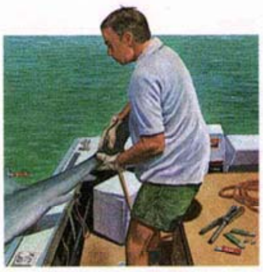
البَبَّغاواتُ تُعَمِّرُ إلى ما يُقارِبُ الـ 50 سنةً، لكِنَّها مُهَدَّدةٌ بالانقِراض في مَواطِنِها البَرِّيَّة. فهُنالك حوالى 90 من الـ 330 نوعًا من البَبَّغاوات تُواجِهُ خَطَر الانقِراض. ويَعودُ ذلك أساسًا إلى فِقدانِ مَواطِنِها الحِراجيَّة، كما إلى المُتاجَرة بها كطُيورٍ مُدَلَّلة. ففي مُقابِلِ كُلِّ بَبَّغاءٍ تُباعُ في أحَدِ هذه المَتاجِر، يُقَدَّرُ أنَّ أربعَ بَبَّغاواتٍ تَهْلِكُ في طريقِها إليه. وقد بلَغَ مَصيرُ هذه الطيُورِ من الخُطورةِ بحيثُ لم يَعُدْ يُمكِنُ إنقاذُ بعضِ أنواعِها إلّا بِبَرامِجِ التَّوالُدِ في الأَسْر.

هُمُومٌ مُستَقْبليَّة

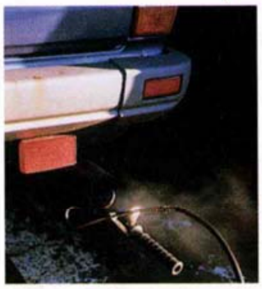
هنالك عدَدٌ من الهُمومِ المُستَقْبليَّةِ المُلِحَّة في مَجالاتِ الحفاظِ على البيئة. وهي تَشْمَلُ تَغَيُّرَ المُناخِ والحُمُوَّ العالميّ، وصِيانةَ طَبَقةِ الأُوزون، وفِقدانَ الغاباتِ المَداريَّةِ المَطيرة، وتناقُصَ الأراضي الزِّراعيَّةِ والتُّرَبِ الخِصْبة وخطَرَ انقِراضِ النباتاتِ والحيَواناتِ البَرِّيَّة وفِقدانَ التنَوُّعِ الحيَويّ، وعَدَمَ ضَبْطِ تكاثُرِ السُّكّان (وما يَسْتَتْبِعُ ذلك من زِيادةٍ في المَباني وازدِحامِ السَّيْر وتَفاقُمِ التلَوُّث)، والحاجةَ إلى الحِفاظِ على المَوارِدِ غيرِ المُتَجَدِّدة، كالوُقُدِ الأُحفوريَّةِ والمَعادِن، وإعادةَ تَدْويرِها.

وعلى الناسِ في كُلِّ مكانٍ في العالَم مَسؤوليّاتُ اتِّخاذِ التدابيرِ والإجراءاتِ التي تُحَقِّقُ خُطَطَ حِمايةِ البيئةِ الطبيعيَّة ومَوارِدِها.





يُصْطادُ سَمَكُ القِرْشِ طعامًا أو يُقْتَلُ كهِوايةِ تَصَيُّد. إنَّ القَبْضَ على أسماكِ القِرْشِ ووَسْمَها بعُلّاماتٍ إلكترونيَّةٍ ثُمَّ إطلاقَها يُساعِدُ العُلَماءَ في تقَصّي أسبابِ تدنّي أعدادِها.



تلَوُّثُ هواءِ المُدُن تُسَبِّبُه السيّارات غالبًا. إنَّ تَنْقيَةَ مُنْبَعثاتِ العَوادِمِ بالمُرشِّحات سَيُساعِدُ في جَعْلِ الهواءِ أقَلَّ تلَوُّثًا وخُطُورةً.



▲ تَرْبيةُ أنْسالِ الطيُورِ النادِرَة، كهٰذه البَبَّغاواتِ الصَّغيرة، في الأَسْرِ ثُمَّ إطلاقُها في البَرِّيَّة يُساعِدُ في إنقاذِها من الانقِراض.

◄ الأشجارُ الجديدةُ تَعْني خَشَبًا جَديدًا لِلْمُستَقْبَلِ ومَواطِنَ جَديدةً للحياةِ البَرِّيَّةِ المَحَليَّة. فالعِنايةُ بالأشجارِ جُزْءٌ أساسيٌّ من مُخَطَّطِ حِمايةِ البيئة. هؤلاء الأولادُ يَغْرِسون بادراتٍ شَجَريَّةً في حِراجِ بَلَدِهِم – حيثُ الحِراجُ البَرِّيَّةُ قد قَضَتْ علَيها تِجارةُ الخَشَب.

أُنْظُر أيضًا

التوازُنُ الطبيعيّ ص 434 – 435
أنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض ص 444 – 445

حَقائقُ وأَرقام

أَنواعٌ مُهَدَّدةٌ بالانقِراض

انِقراضُ الأنواعِ ظاهرةٌ تتكرَّرُ دَومًا، لكِنَّ سُرعةَ هذا الانقراض هي حاليًّا اكثرُ بكثيرٍ منها زَمَنَ انقِراضِ الدَّيْنوصورات منذُ 65 مليون سنة. فهنالك اكثَرُ من 5000 نَوعٍ أُعلِنَ رَسْميًّا أنَّها في خَطَرٍ. والتَّهديداتُ التي تُواجِهُها هذه الحيَواناتُ تَشمَلُ التَّصَيُّدَ ونَصْبَ الأشراكِ وصَيْدَ السَّمَك وفِقدانَ المواطِنِ البيئيَّة والتلَوُّثَ ومُنافَسَةَ الأنواعِ الأُخرى.

الأنواعُ المُهَدَّدةُ بالانِقراض مُدْرَجةٌ في كتابٍ أصدَره الاتِّحادُ الدَّوليُّ للحِفاظِ على الطبيعة والموارِدِ الطبيعيَّة بعنوان «كتاب البَيانات الحُمْر». وهنالك حيواناتٌ، كالنَّمِر والنَّمِر الثَّلجيّ والغوريلا الجَبَليّ، قد لا تَتواجَدُ حيَّةً في البَرِّيَة مع مَطْلَعِ القَرْنِ التالي.

الحيَواناتُ المُشْرِفَةُ على الانِقراض تَشْمَلُ:

الكركَنُّ الجاوي – الباقي منه حوالى 40 إلى 50 طيرَ الكاكابو في نيوزيلَنْدا – الباقي منه حوالى 40

الكُوبري في جنوب شرق آسيا – الباقي منه حوالى 300

الكُركي السَّيْبيريّ – الباقي منه اقلّ من 30

اللُّجاةُ الجِلْديَّةُ الظَّهْر – الباقي منها كان حوالى 500 في مُنْتَصفِ التِّسْعينيَّات بالمُقارنة مع 6500 في الثمانينيَّات من القَرْنِ العِشْرين.

إسهامُ الجميع مُهِمّ

يُمكِنُ أن يتَعاونَ الجميعُ في تَخْفيضِ التلَوُّث والنُّفايات. هنا بعضُ ما يَنْبَغي القيامُ به وما يَنْبَغي تَجنُّبُه لأجْلِ بيئةٍ أفضَل.

- اِنْتَقِ مُنْتَجاتٍ مُوَضَّبَةً بأقلِّ كمِّيَّةٍ من التغليفِ المِتْلاف.
- أطفِئْ مَنْظومةَ التدفئةِ ومَصابيحَ النُّورِ ومُختلِفَ الأجهِزة عندما لا تكونُ بحاجةٍ إليها.
- اِمْشِ أو اركَبِ الدرَّاجةَ أو استَخْدِمْ وسائلَ النَّقْلِ العامّ حيثُما يُمكِنُ لِتَقليلِ استِخْدامِ السيَّارةِ وتَخْفيضِ التلَوُّثِ الذي تُحْدِثُه.
- أعِدْ تدويرَ النُّفاياتِ المنزليَّة كالعُلَبِ الفِلِزِّيَّةِ والقواريرِ الزُّجاجيَّة والوَرَق.
- تأكَّدْ أن تَطْرحَ كُلَّ الموادِّ الخَطِرة أو السامَّةِ بشَكْلٍ مأمون.
- اِعتَنِ بالنباتاتِ والحيواناتِ في بيئتِكَ المَحَلِّيَّة.

إجراءاتٌ عالَمِيَّة

البُلدانُ الغَنيَّةُ والفَقيرةُ تَجِدُ صُعوبةً في التوافُقِ على إجراءاتِ حِمايةِ البيئةِ التي تُؤثِّرُ في مُسْتَوياتِ العَيْشِ واقتِصاد البلَد. عام 1992، انعقَدَ مؤتمَرُ الأمم المُتَّحدة للبيئةِ والتنمية، المَعْروف بقِمَّةِ الأرض، في رِيُو دي جانيرو، بالبرازيل. فارسلَتْ 178 دولةً مَندوبين عنها كانَ منهُم اكثَرُ من 100 مَنْدوبٍ من زُعماءِ الدُّوَل. وقد حقَّقَ الاجتِماعُ اتِّفاقًا رئيسيًّا حوْلَ حِمايةِ الأنواعِ والمَواطِنِ البيئيَّة، عُرِفَ باتِّفاقيَّةِ التنَوُّعِ الحيَويّ. كما كان هنالك اتِّفاقاتٌ أُخرى حوْلَ التَّنْمِيَةِ المُسْتَدامة، وتغَيُّرِ المُناخ، ومُناقشةِ مَشاكِلَ أُخرى كاجتِثاث الحِراج والمَخْزوناتِ السَّمَكيَّة في المُحيطات.

هَيْئاتُ حِمايَة

الكثيرُ من الحُكومات لدَيْها دوائرُ مَسْؤولةٌ عن الأمور البيئيَّة. والهيئةُ العالميَّةُ المُسَمَّاة هيئةَ المَرافق البيئيَّة العالميَّة، التي أُنشِئت عام 1991، تُمَوِّلُ بالتعاوُنِ مع البَنْك الدَّوليّ وبَرْنامجِ الأُمَم المُتَّحدة للتنميةِ وبَرْنامجِ الأُمَم المتَّحدة للبيئة. وتؤدِّي المُنَظَّماتُ غيرُ الحكوميَّة، كالغْرينپيس والصندوقِ العالميّ للطبيعة، دَورًا رئيسيًّا في إبرازِ مواضيعَ ذاتِ اهتِماماتٍ وبرامِجَ تَمْويليَّةٍ مُشتركة لِمُكافحَةِ التلَوُّث وإنقاذِ الحياةِ البَرِّيَّة المُهَدَّدةِ بالزَّوال.

تَواريخُ رئيسيَّة

1705 المُخْتَرِعُ البريطانيّ تُوماس نيُوكومِن يَختَرِعُ المُحرِّكَ البُخاريّ. وترافَقَ ذلك مع حَرْقِ الفَحْمِ المُتَزايدِ والثَّورةِ الصِّناعيَّة.

1700 - 1710 المُدنُ الأوروبيَّةُ تَنْمُو ويَلَوَّثُ هواؤُها وماؤُها.

1800 - 1810 صَيَّادو الحيَوانات الكبيرة الأوروبيُّون يَصْطادون الأسودَ والفِيَلةَ والأيايلَ ويتَّخِذون بعضَ أعضائها تِذكارات. وفي أمريكا الشماليَّة يَقْتلُ الصيَّادونَ مُعظمَ جواميسِ البيسُون في السُّهولِ الأمريكيَّةِ الشماليَّة.

1848 حكومةُ المَمْلكةِ المُتَّحدة تُقِرُّ قانونَ الصِّحَّة العامَّة لِلْحَدِّ من ابتِعاثاتِ الدُّخان والرَّماد.

1863 حكومةُ المَمْلكة المتَّحدة تُقِرُّ قانونَ القِلْويَّاتِ لِلْحَدِّ من الابتِعاثاتِ المُؤْذية من المَصانعِ الكيماويَّة.

1889 أوَّلُ وَحْدةٍ لِمُعالَجةِ مياه المَجارير تُدَشَّنُ في لَندن.

1896 الكيميائيُّ السّويديّ سْڤانت أرينيُوس يَرْتئي أنَّ ثاني أكسيد الكربون يُسَخِّنُ الجَوّ.

1932 حديقةُ الحيوان وِپْسنيد في إنكلترا أوَّلُ حديقةٍ تَحْفَظُ الحيواناتِ في حظائرَ كبيرةٍ، وليسَ في أقفاص.

1935 صيَّادو الحيتان يُحَظَّر عليهم قَتْلُ حيتان البالين – كونَها على وَشْكِ الانقِراض.

1952 أسبوعٌ من الضُّخانِ الخَطير يتسَبَّبُ بوَفاة 4000 شخص في لَندن. هذا الحدَثُ عَجَّلَ في استِصْدار قانون الهواء النَّقيّ عام 1956.

1955 الحكومةُ الفدراليَّةُ الأمريكيَّة تُقِرُّ قانونَ مُكافحة تلَوُّث الهواء، مُقَدِّمةً 5 ملايين دولار سَنَويًّا لأبْحاثِ التلَوُّث.

1957 حَريقُ مُفاعِلٍ نَوويّ في وِنْدسكيل، بإنكلترا يَبْتَعِثُ موادَّ مُشِعَّةً في الجَوّ.

1961 اثنتا عشرةَ دولةً تُوَقِّعُ مُعاهدةَ حِماية البيئة الطبيعيَّة للقارَّة القُطْبيَّة الجنوبيَّة من الأضرار.

1961 تأسيسُ الصندوق العالميّ لِحِماية الحياة البَرِّيَّة كمُنَظَّمةٍ مُسْتَقِلَّةٍ تَجْمَعُ التبَرُّعاتِ لحِمايةِ البيئة الطبيعيَّة.

1962 عالِمَةُ الأحياءِ البَحْريَّة الأمريكيَّة راشيل كارسُون تَنْشُرُ كتابَ (الربيع الصامت) تُبْرِزُ فيه الأضرارَ البيئيَّةَ نَتيجَةً لاستِخْدام مُبيداتِ الآفاتِ مثل الـ دي دي تي.

1964 حكومةُ ألمانيا الغربيَّة تُحَظِّرُ استِخْدامَ مَساحيقِ الصابون اللاَّدروكة حَيَويًّا.

1966 أوَّلُ مَحَطَّةٍ مَدْجزريَّة لتَوليدِ القُدْرة في العالَم تُدَشَّن على نَهْر رانس في فرَنْسا.

1971 نشُوء حركة الخُضْر «غرينپيس» في كَنَدا من قِبَل مُناوِئي تجارِبِ الأسلحة النَّوَويَّة.

1972 لانْدسات – 1 الأمريكيّ أوَّلُ ساتِلٍ فَضائيٍّ خاصٍّ بالدِّراساتِ البيئيَّة.

1974 المُحَوِّلاتُ المُحَفِّزة، خافِضةُ التلَوُّث من عَوادِمِ السيَّارات، تُصبِحُ مُتاحَةً في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

1975 مُؤتَمَرُ التِّجارة الدوليَّة في الأنواع المُهَدَّدةِ بالانِقراض يُحَظِّرُ المُتاجرَةَ بِمُنْتَجاتٍ من الحيوانات المُهَدَّدة بالانقِراض.

1975 البِنْزين الخالي من الرَّصاص يُصْبِحُ مُتاحًا في الولايات المتَّحدة الأمريكيَّة.

1975 بُلْدانُ حَوْضِ البَحْر الأبيض المُتوسِّط تُوافِقُ على البرنامج البَحْريّ الإقليميّ لِمُنظَّمةِ الأُمَم المتَّحدة لِتَنْظيفِ البَحْر الأبيض المُتوسِّط.

1982 مَحطَّةُ سيُووا اليابانيَّة في القارَّة القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة تُعْلِنُ عن ترَقُّقِ طبَقةِ الأُوزون منذُ مُنْتصفِ سِتِّينيَّات القَرْن العِشْرين.

1986 حَريقُ وانفِجارُ المُفاعِل النَّوَويّ في تشِرْنوبيل، بأُوكرانيا، يُطْلِقُ إشعاعاتٍ 1000 مَرَّةٍ اكثَرَ من إشعاعاتِ حَريق مُفاعِل وِنْدسكيل عام 1957.

1989 المُوَقِّعون على پْرُوتوكول مُونْتريال يُوافِقون على وَقْفِ استِخْدام مُرَكَّبات كربون الفلُور الكلوريني.

1989 انِفلاقُ ناقلةِ النِّفْط إكْسون ڤالْديز يَدْلُقُ النِّفْطَ على امتِدادِ 1500 كيلومتر من الخَطِّ السَّاحليّ في الاسْكا.

1992 قِمَّةُ الأرض للأُمَم المُتَّحدة في رِيُو دي جانيرو، بالبرازيل، تضَعُ مُخَطَّطَ إجراءاتٍ بيئيَّةٍ عالميَّة.

1994 بدايةُ الأشغال في سَدِّ ثُلاثيّ الخَوانِق في الصِّين. هذا السَّدُّ الذي يبلُغُ عَرْضُه 1,6 كم تقريبًا. ويَخْشى البيئيُّونَ من أنَّ تاثيرَ الخزَّانِ على الحياةِ البَرِّيةِ سيَكُونُ هائلًا.

1996 تقريرٌ للاتِّحاد الدوليّ للحِفاظ على الطبيعةِ والموارِد الطبيعيَّة يُدْرِجُ 5205 أنواع في لائحةِ الكائناتِ المُهَدَّدةِ بالانِقراض.

1997 حرائقُ تُدَمِّرُ مِساحاتٍ شاسِعَةً من الغاباتِ في إندونيسيا وتُحْدِثُ دُخانًا وتلَوُّثًا هوائيًّا خَطيرَيْن.

1998 قِمَّةٌ لِلأُمَم المتَّحدة في كيُوتُو، باليابان تَسْتَهدِفُ تَخْفيضَ 5 بالمئة من ابتِعاثاتِ ثاني أكسيد الكربون بِحُلولِ عام 2012.

1999 المُناخيُّون يُؤكِّدونَ أنَّ تسعينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين كانَتْ العَقْدَ الاسخَنَ مُنْذُ بدايةِ السِّجلَّات الأرْصاديَّة – رُبَّما بفِعْلِ الحُمُوِّ العالميّ.

2000 يُقَدَّرُ عدَدُ جماعات النمُور في العالَم باقَلَّ من 000 10 – في حين كانَتْ قبْلَ قَرْنٍ من الزمان اكثَرَ من 000 100.

مَلاحِقُ مَرْجعيَّة

أنظمةُ العَدِّ ووَحَداتُ القِياس

النِّظامُ الدوليّ لِلوَحَدات

النِّظامُ الدوليُّ لِوَحَداتِ القياس اعتُمِد في المُؤتمر العامّ الحادي عَشَر للمَوازين والمقاييس في باريس عام 1960؛ وجرى تبَنّيه في مُعظم البُلدان. وهو في الواقع صيغةٌ مُعدَّلة للنِّظام المِتْريّ، ويتألَّفُ أساسًا من سَبْعِ وَحَداتٍ رئيسيَّة:

المِتْر (م)

المِتْرُ هو الوَحْدةُ الأساسيَّةُ للطُّول في النِّظام الدوليّ. وهو المَسافةُ التي يَقْطَعُها الضوءُ في الفَراغ في 1\299 792 458 من الثانِيَة.

الكيلوغرام (كغ)

الكيلوغرام هو الوَحْدةُ الأساسيَّة للكُتْلة في النِّظام الدوليّ. ويُساوي كتلةَ أُسْطوانةٍ سَبيكيَّة من البِلاتين والإريديُوم مَحْفوظة في مُخْتبر المكتب الدوليّ للأوزان والقياسات في سِيفْر إحدى ضواحي بارِيس بفرَنْسا.

الثانِيَة (ث)

الثانِيَةُ هي الوَحْدةُ الأساسيَّة للزَّمَن في النِّظام الدوليّ. وهي طولُ الوقت الذي يَسْتَغْرِقُه حُدوثُ 9 192 631 770 نبذبةً ترَدُّديَّةٍ موجيَّة صُغْريَّة لِذَرَّة السيزيُوم «133».

الأمبير (أ)

الأمبير هو وَحْدةُ شِدَّة التيّار الكَهْربائيّ في النِّظام الدوليّ. عندما يَسْري تيّارٌ عَبْرَ كُلٍّ من سِلْكَين، تَفْصلُ بينهما مسافةُ مترٍ واحد في الفَراغ، ويُحدِثُ بينهما قُوَّةً تنافُريَّة تُساوي 2×10^{-7} نيوتُن في المتر، تكونُ شِدَّةُ ذلك التيّار أمبيرًا واحدًا.

الكَلْفِن (ك)

الكَلْفِن هو وَحْدةُ دَرجةِ الحرارة في النِّظام الدوليّ. وهو يساوي 1\273,16 من درجة الحرارة الديناميَّة الحراريَّة للنُّقْطةِ الثُّلاثيَّةِ للماء. (النُّقْطة الثلاثيَّة للماء 273,16 كَلْفِن).

المُول (مول)

المُول هو وَحْدة كمِّيَّة المادَّة في النِّظام الدوليّ. وهو كمِّيَّةُ المادَّة التي تَحْوي وَحَداتٍ أوَّليَّة بقَدْر ما تُوجَدُ ذَرّاتٌ في 0,012 كغ من الكربون «12».

القِنديلة (قد)

القِنديلة هي الوَحْدةُ الأساسيَّة لقِياس الشِّدَّةِ الضوئيَّة. وهي شِدَّةُ مَصْدرٍ ضوئيّ تَردُّدُه 520×10^{12} هِرتْز، ويُنتِجُ 1\683 واط في زاويةٍ بِنصف قُطْريَّة مُجَسَّمة.

النِّظامُ المِتْريُّ للقِياس

الطُّول

10 ملم (مليمتر) = 1 سم (سنتيمتر)
10 سم = 1 دسم (ديسيمتر)
10 دسم = 1 م (متر)
10 م = 1 دكم (ديكامتر)
10 دكم = 1 هكم (هكتومتر)
10 هكم = 1 كم (كيلومتر)
1000 م = 1 كم

الحَجْم

1000 ملم^3 = 1 سم^3 (سنتيمتر مُكعَّب)
1000 سم^3 = 1 دسم^3
1000 دسم^3 = 1 م^3
1000 000 سم^3 = 1 م^3

المِساحة

100 ملم^2 = 1 سم^2 (سنتيمتر مُربَّع)
10 000 سم^2 = 1 م^2
100 م^2 = 1 آر
100 آر = 1 هكتار
10 000 م^2 = 1 هكتار
100 هكتار = 1 كم^2
1000 000 م^2 = 1 كم^2

السَّعَة

10 مل (مليلتر) = 1 سل (سنتيلتر)
10 سل = 1 دل (ديسيلتر)
10 دل = 1 ل (لِتْر)
1000 مل = 1 ل
100 سل = 1 ل
1000 ل = 1 م^3 (متر مُكعَّب)

الكُتْلة

1000 غ (غرام) = 1 كغ (كيلوغرام)
1000 كغ = 1 ط (طُنّ «طنّ مِتْريّ»)

نُظُمُ الأعداد

النِّظامُ العَشْريّ	النِّظامُ الثُّنائيّ	النِّظامُ السِّتَّ عَشْريّ
أساس 10	أساس 2	أساس 16
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	أ (A)
11	1011	ب (B)
12	1100	ج (C)
13	1101	د (D)
14	1110	هـ (E)
15	1111	و (F)
16	10000	10
17	10001	11
18	10010	12
19	10011	13
20	10100	14
25	11001	19
30	11110	1 هـ (1E)
40	101000	28
50	110010	32
100	1100100	64

بادئات عَدديَّة

عدد	بادئة
جزءٌ من ترليون	بيكو-
جزءٌ من بليون	نانو-
جُزْءٌ من مليون	ميكرو-
جزءٌ من ألف	ملِّي -
جزءٌ من مئة	سنتي -
جزءٌ من عشرة	ديسي -
عشرة	ديكا -
مئة	هكتو -
ألف	كيلو -
مليون	ميغا -
بليون	جيجا -
ترليون	تيرا -

الكسُورُ العاديَّة والعَشْريَّة والنِّسَب المِئويَّة

كَسْر عاديّ	نِسْبة مئويَّة	كَسْر عَشْري
$\frac{1}{2}$	%50,00	0,500
$\frac{1}{3}$	%33,33	0,333
$\frac{1}{4}$	%25,00	0,250
$\frac{1}{5}$	%20,00	0,200
$\frac{1}{6}$	%16,67	0,167
$\frac{1}{8}$	%12,50	0,125
$\frac{1}{10}$	%10,00	0,100
$\frac{2}{3}$	%66,67	0,667
$\frac{3}{4}$	%75,00	0,750
$\frac{3}{8}$	%37,50	0,375
$\frac{5}{8}$	%62,50	0,625
$\frac{7}{8}$	%87,50	0,875

القياساتُ الإمبراطوريَّة المُعتادة

الطُّول

12 إنشًا = 1 قَدم
3 أقدام = 1 ياردة
22 ياردة = 1 سِلْسلة
10 سلاسل = 1 فِيرْلُونج
8 فيرلُونج = 1 مِيل
5280 قدمًا = 1 ميل
1760 ياردة = 1 ميل

المِساحة

144 إنشًا مُربَّعًا = 1 قَدم مُربَّعة
9 أقدام مُربَّعًا = 1 ياردة مُربَّعة
4840 ياردة مُرَبَّعة = 1 فدّان
640 فدّانًا = 1 ميل مُربَّع

السَّعَة (إمبراطوريّ إنكليزيّ)

20 آونس سائليّ = 1 پاينت

الكُتْلة

437,5 قَمْحة = 1 آونس
16 آونسًا = 1 پاونْد (7000 قَمْحة)
14 پاونْدًا = 1 سْتون
8 ستونات = 1 هندرِدويت
20 هندرِدويت = 1 طُنّ (طنّ إنكليزيّ، 2240 پاونْدًا)
4 جِل = 1 پايْنت
2 پاينت = 1 كوارْت
4 كوارْت = 1 غالون (8 پاينت)

الحَجْم

1728 إنشًا مُكعَّبًا = 1 قَدم مُكعَّبة
27 قدمًا مُكعَّبة = 1 ياردة مُكعَّبة

السَّعَة (أمريكيّ مُعْتاد - جافّ)

2 پايْنت = 1 كوارْت
8 كوارْت = 1 پك
4 پك = 1 بُوشِل

الكُتْلة (أمريكيّ مُعْتاد)

2000 پاونْد = 1 طُنّ «طُنّ أمريكيّ»
1 طُنّ إنكليزيّ = 1,12 طُنّ أمريكيّ

جَداولُ تَحْويليَّة

الكُتْلة

غرام (غ)	آونس (أو)
1	0,04
2	0.07
3	0,11
4	0,14
5	0,18
6	0,21
7	0,25
8	0.28
9	0,32
10	0,35
20	0,71
30	1,06
40	1,41
50	1,76
100	3,53
200	7,05
250	8,82
500	17,63
1000	35,27

آونس (أو)	غرام (غ)
1	28,3
2	56,7
3	85,0
4	113,4
5	141,7
6	170,1
7	198,4
8	226,8
9	255,1
10	283,5
11	311,8
12	340,2
13	368,5
14	396,9
15	425,2
16 (1 پاونْد)	453,6
17	481,9
18	510,3
19	538,6
20	566,0

كيلوغرام (كغ)	پاوْند (پا)
1	2,2
2	4,4
3	6,6
4	8,8
5	11,0
6	13,2
7	15,4
8	17,6
9	19,8
10	22,0
20	44,1
30	66,1
40	88,2
50	110,2
60	132,3
70	154,3
80	176,4
90	198,4
100	220,5
1000	2204,6

پاونْد (پا)	كيلوغرام (كغ)
1	0,45
2	0,91
3	1,36
4	1,81
5	2,27
6	2,72
7	3,18
8	3,63
9	4,08
10	4,54
20	9,07
30	13,61
40	18,14
50	22,68
60	27,22
70	31,75
80	36,29
90	40,82
100	45,36
1000	453,59

الطُّول

سنتيمتر (سم)	إنش
1	0,39
2	0,79
3	1,18
4	1,57
5	1,97
6	2,36
7	2,76
8	3,15
9	3,54
10	3,94
20	7,87
50	19,69
100	39,37

إنش	سنتيمتر(سم)
$\frac{1}{8}$	0,3
$\frac{1}{4}$	0,6
$\frac{3}{8}$	1,0
$\frac{5}{8}$	1,6
$\frac{3}{4}$	1,9
$\frac{7}{8}$	2,2
1	2,5
2	5,1
3	7,6
4	10,2
5	12,7
6	15,2
7	17,8
8	20,3
9	22,9
10	25,4

مِتْر (م)	قدم
1	3,28
2	6,56
3	9,80
4	13,10
5	16,40
6	19,70
7	23,00
8	26,20
9	29,50
10	32,80
20	65,60
25	82,00
50	164,00
100	328,10
500	1640,40
1000	3280,80

قدم	مِتْر (م)
1	0,30
2	0,61
3 (1 ياردة)	0,91
4	1,22
5	1,52
6	1,83
7	2,13
8	2,44
9	2,74
10	3,05
20	6,10
25	7,62
50	15,24
100	30,48
300 (100 ياردة)	91,44
500	152,40
1000	304,80

كيلومتر (كم)	ميل
1	0,62
2	1,24
3	1,86
4	2,49
5	3,11
6	3,73
7	4,35
8	4,97
9	5,59
10	6,21
20	12,40
25	15,50
50	31,10
75	46,60
100	62,10
500	310,70
1000	621,40

ميل	كيلومتر (كم)
1	1,61
2	3,22
3	4,83
4	6,44
5	8,05
6	9,66
7	11,30
8	12,90
9	14,50
10	16,10
20	32,20
25	40,20
50	80,50
75	120,70
100	160,90
500	804,70
1000	1609,30

المِساحة

سنتيمترات مُربَّعة (سم^2)	إنشات مُربَّعة (إنش^2)
1	0,16
2	0,31
3	0,47
4	0,62
5	0,78
6	0,93
7	1,09
8	1,24
9	1,40
10	1,55
20	3,10
50	7,75
100	15,50

إنشات مُربَّعة (إنش^2)	سنتيمترات مُربَّعة (سم^2)
1	6,45
2	12,90
3	19,35
4	25,80
5	32,26
6	38,71
7	45,16
8	51,61
9	58,06
10	64,51
20	129,00
50	322,60
100	645,20

كيلومترات مُربَّعة (كم^2)	أميال مُربَّعة (ميل^2)
1	0,39
2	0,77
3	1,16
4	1,54
5	1,93
6	2,32
7	2,70
8	3,09
9	3,48
10	3,86
20	7,72
50	19,30
100	38,60
500	193,00

أميال مُربَّعة (ميل^2)	كيلومترات مُربَّعة (كم^2)
1	2,59
2	5,18
3	7,77
4	10,40
5	13,00
6	15,50
7	18,10
8	20,70
9	23,30
10	25,90
20	51,80
50	129,50
100	259,00
500	1295,00

الحَجْم

سنتيمترات مُكعَّبة (سم^3)	إنشات مُكعَّبة (إنش^3)
1	0,061
2	0,122
3	0,183
4	0,244
5	0,305
6	0,366
7	0,427
8	0,488
9	0,549
10	0,610
50	3,050
100	6,100

إنشات مُكعَّبة (إنش^3)	سنتيمترات مُكعَّبة (سم^3)
1	16,39
2	32,77
3	49,16
4	65,55
5	81,94
6	98,32
7	114,70
8	131,10
9	147,50
10	163,90
50	819,40
100	1639,00

كيف تُحَوِّل

دَرَجةُ الحرارة

من سِلْسيُوس إلى فَرنهَيْت
اِضرِب في 9 واقسِم على 5 ثُمَّ أضِف 32
من فَرنهَيْت إلى سِلْسيُوس
اِطرَح 32 واضرب في 5 ثُمَّ اقسِم على 9

من سِلْسيُوس إلى كَلْفِن	أضِف 273,15
مِن كَلْفِن إلى سِلْسيُوس	اطْرح 273,15

الطُّول

من مليمترات إلى إنشات	اِضرِب في 0,03937
من إنشات إلى مليمترات	اِضرِب في 25,40
من سنتيمترات إلى إنشات	اِضرِب في 0,3937
من إنشات إلى سنتيمترات	اِضرِب في 2,54
من أمتار إلى ياردات	اِضرِب في 1,0936
من ياردات إلى أمتار	اِضرِب في 0,9144
من كيلومترات إلى أميال	اِضرِب في 0,6214
من أميال إلى كيلومترات	اِضرِب في 1,6093

الكُتْلة

من غرامات إلى أونسات	اِضرِب في 0,03527
من أونسات إلى غرامات	اِضرِب في 28,349
من كيلوغرامات إلى پاوندات	اِضرِب في 2,2046
من پاوندات إلى كيلوغرامات	اِضرِب في 0,4536

المِساحة

من سم^2 إلى إنش^2	اِضرِب في 0,155
من إنش^2 إلى سم^2	اِضرِب في 6,4516
من م^2 إلى قدم^2	اِضرِب في 10,764
من قدم^2 إلى م^2	اِضرِب في 0,0929
من هكتارات إلى فدادين	اِضرِب في 2,471
من فدادين إلى هكتارات	اِضرِب في 0,4047
من كم^2 إلى ميل^2	اِضرِب في 0,386
من ميل^2 إلى كم^2	اِضرِب في 2,59

الحَجْم

من سم^3 إلى إنش^3	اِضرِب في 0,061
من إنش^3 إلى سم^3	اِضرِب في 16,3871
من م^3 إلى قدم^3	اِضرِب في 35,315
من قدم^3 إلى م^3	اِضرِب في 0,0283

الطَّاقة

من جُول إلى كالوري	اِضرِب في 0,238
من كالوري إلى جُول	اِضرِب في 4,186
من ميغاجول إلى كيلوواط ساعة	اِضرِب في 0,278
من كيلوواط ساعة إلى ميغاجُول	اِضرِب في 3,6

القُدْرة

من كيلوواط إلى قُدْرة حصانيَّة	اِضرِب في 1,341
من قُدْرة حصانيَّة إلى كيلوواط	اِضرِب في 0,7457

جَداولُ دَرَجات الحرارة

فَرنهَيْت °ف	سِلْسيُوس °س	كَلْفِن °ك
459,67-	273,15-	صِفْر
صِفْر	32-	241,15
32	صِفْر	273,15
212	100	373,15

جَدْول التحويل من فَرنهَيْت إلى سِلْسيُوس

°ف	°س	°ف	°س
1	17,2-	60	15,6
2	16,7-	70	21,1
3	16,1-	80	26,7
4	15,5-	90	32,2
5	15,0-	100	37,8
10	12,2-	150	65,5
20	1,427	175	79,4
30	1,1-	200	93,3
40	4,4	210	98,9
50	10,0	212	100,0

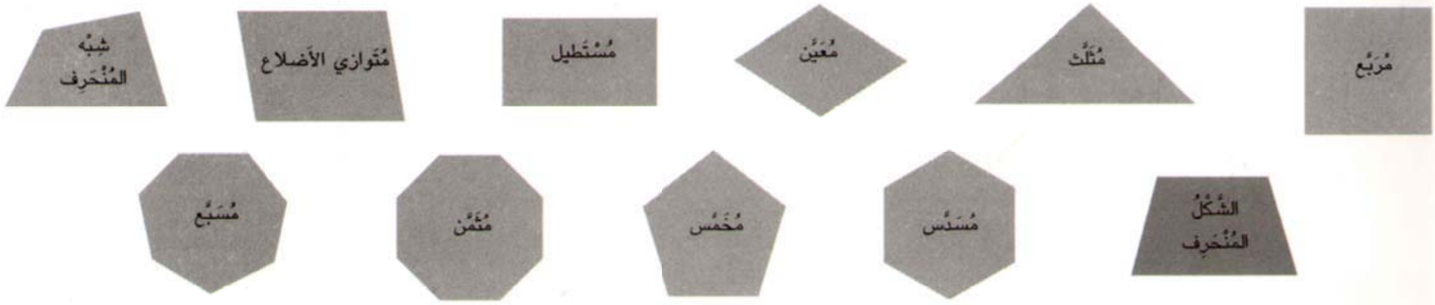
جَدْول التحويل من سِلْسيُوس إلى فَرنهَيْت

°س	°ف	°س	°ف
1	33,8	21	69,8
2	35,6	22	71,6
3	37,4	23	73,4
4	39,2	24	75,2
5	41,0	25	77,0
6	42,8	26	78,8
7	44,6	27	80,6
8	46,4	28	82,4
9	48,2	29	84,2
10	50,0	30	86,0
11	51,8	50	122,0
12	53,6	60	140,0
13	55,4	70	158,0
14	57,2	80	176,0
15	59,0	90	194,0
16	60,8	95	203,0
17	62,6	96	204,8
18	64,4	97	206,6
19	66,2	98	208,4
20	68,0	99	210,2
		100	212,0

أَشكالٌ هَنْدسيَّة

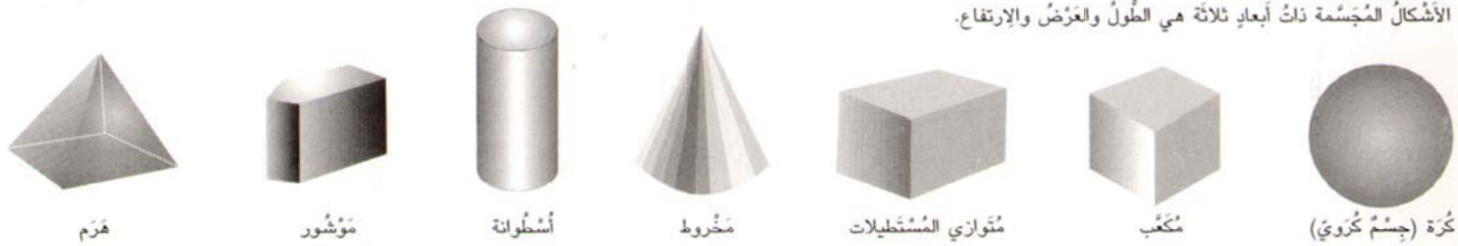
مُتعَدِّداتُ الأضلاع

مُتَعَدِّدُ الأَضلاع شَكْلٌ مُسَطَّحٌ ذو ثلاثةِ أَضلاعٍ مُسْتَقِيمةٍ او اكثر.



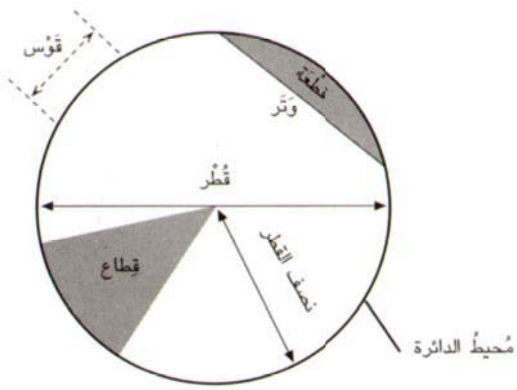
الأَشكالُ المُجَسَّمَة

الأَشْكالُ المُجَسَّمة ذاتُ أَبعادٍ ثلاثَة هي الطُّولُ والعَرْضُ والإرتفاع.



أجزاءُ الدَّائرة

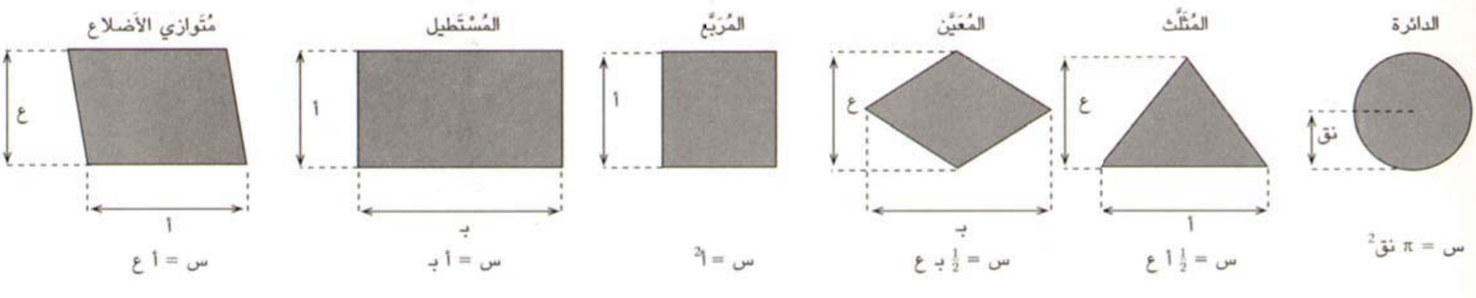
الدائرة خَطٌّ مُقَوَّسٌ جميعُ نُقَطِه مُتَساوِيَةُ البُعْدِ عن المَرْكَز. **مُحيطُ الدائرة** هو طولُ حِتَارِها. **والقَوْس** هو جزءٌ من مُحيطِ الدائرة. **نِصْفُ قُطْر** الدائرة (أو شُعاعُها) هو خَطٌّ مُسْتَقيمٌ بين نُقْطةٍ على مُحيطِ الدائرة وبينَ مَرْكَزِها. **الوَتَرُ** هو خَطٌّ مُسْتَقيمٌ بين نُقْطتَيْن على مُحيطِ الدائرة. **القُطْرُ** وَتَرٌ يَمُرُّ عَبْرَ مَرْكَزِ الدائرة؛ وطولُه يُساوي ضعفَ نِصْفِ القُطْر. **القِطاعُ** هو مِساحةٌ مَحْدودةٌ بِنِصْفَي قُطْرٍ من الدائرة وقَوْسٍ من مُحيطِها. **القِطْعَةُ** هي مِساحةٌ مَحْدودةٌ بوَتَرٍ وقَوْسٍ من مُحيطِ الدائرة.



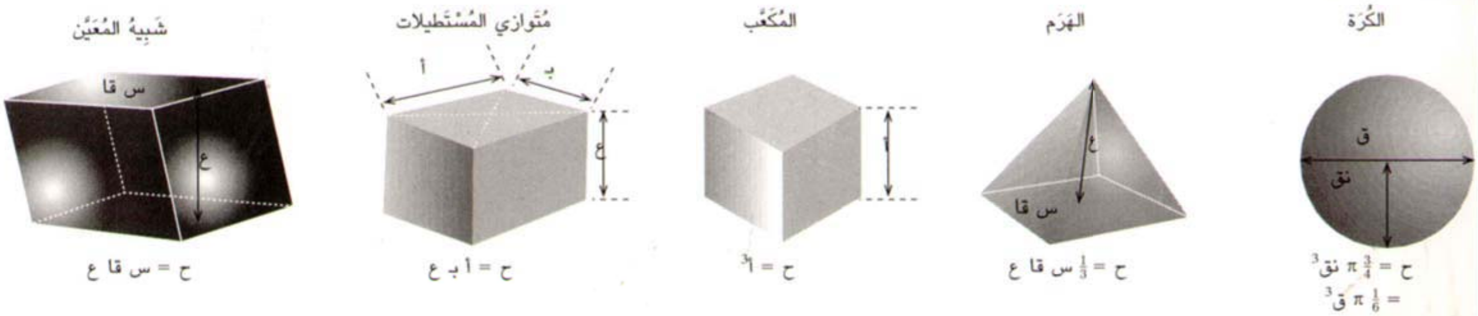
مِفتاح

س	= مِساحة
أ، ب، جـ	= أطوال
س قا	= مِساحة القاعدة
ق	= قُطْر
ع	= اِرتفاع
نق	= نصف قُطر
ح	= حَجْم
π	3,14159

مِساحاتُ الأَشكال



حُجُومُ الأَشكال



مَشاهِيرُ العُلَماء

أرَخميدس (ح. 287 - 212 ق.م)



عالِمُ الرِّياضيَّات والمُختَرِعُ الإغريقيُّ أرخميدس ابتكَرَ مِضَخَّةً حَلَزونيَّةً لِرَفْعِ الماءِ – تُعْرَفُ بِطُنبور (أو شادوف) ارخميدس ما زالَتْ تُستَخدم حتَّى اليوم. اكتشَفَ ارخميدس حِسابَ التَّفاضُلِ والتكامُل ومُعادلةَ احتِساب حَجْمِ الكُرَة. واهَمُّ ما اشتُهِرَ به هي قاعدةُ الطَّفْويَّةِ المَعْروفة باسْمِه، والتي يُروى أنَّه اكتشَفَها عندَ نُزولِه حوضَ حَمَّامٍ مَلآن واستِدْلالِه أنَّ حجمَ الماءِ المُزاح الذي فاضَ على جوانبِ الحوض هو حجمُ الغاطِس من جِسْمه. وقد قُتِلَ أرخميدس على يدِ جُنديٍّ رومانيٍّ في بلدتِه سيراقوسة خِلالَ غَزْوِ الرومان لجزيرة صِقِلِّية.

نيكولاس كوپرْنيكوس (1473 - 1543 م)



وُلِدَ كوپرْنيكوس في بولونيا ودرسَ الرِّياضيَّاتِ والبَصَريَّاتِ في كْراكاو. بعْدَ 30 سنةً من الدراساتِ الفلكيَّة، قدَّم كوپرنيكوس نَظريَّةً مُفادُها أنَّ الأرضَ تُدَوِّمُ يوميًّا حوْلَ مِحْورِها، وأنَّها والكواكِبَ الأُخرى تَدورُ حوْلَ الشَّمْسِ مُسْتَغْرِقةً سَنَواتٍ ذاتَ أطوالٍ مُخْتَلِفةٍ. وقد أوضح كوپرنيكوس هذه الأفكار المثيرة للجَدل في كتابه «حول دوران الأجرام السماويَّة» 1543 م، ولم يتحمَّس لِنشرها، لكن فَلكيَّين مَرْموقين آخرين طوَّروا نَظريَّته وأثبتوا صِحَّتَها بعْدَ وَفاته؛ وكان من بينهم كِپْلَر في ألمانيا وغاليليو في إيطاليا ونيوتُن في بريطانيا.

تَيكو بْراهي (1546 - 1601)



وُلِدَ بْراهي في جَنوب السويد، التي كانت في حينِه تحت الحكْمِ الدَّانمركيِّ. وجدير بالذِّكر أنَّ براهي كغيره من علماء الفَلَك المُعاصرين لم يتقبَّل نظريَّةَ كوپرنيكوس حول النظام الشَّمْسيِّ. وهو بِدراستِه عِلْمِ الفَلَك، وقَبْلَ اختِراعِ التِلِسْكوب، اكتشَفَ أخطاءً خَطيرةً في الجَداولِ الفَلكيَّةِ المُعْتَمَدةِ في ذلك العَصْر؛ فبَدأ مَشْروعًا بِتَصْحيح تلك الأخطاء دامَ حتَّى وَفاته. وقد بَرْهنَ أنَّ المُذَنَّباتِ هي أجرامٌ سماويَّةٌ، واحتَسَبَ طُولَ السَّنَة على الأرض إلى حدودِ ثانيَةٍ واحدة. وقد مَكَّنَتْ مُلاحظاتُ براهي مُساعِدَه يُوهانَّس كِپْلَر من احتِسابِ أنَّ المِرِّيخَ يَدورُ في مَدارٍ إهليلَجيّ.

بْليز پَسْكال (1623 - 1662)



وُلِدَ العالِمُ بْليز پَسْكال في فَرَنْسا وابتكرَ مَكِنَةً حاسِبَةً عام 1647، ثُمَّ اخترعَ لاحقًا البارومِتْرَ والمِكْبسَ السائليَّ والزَّرَّاقة (المِحْقَنَة). لقد درسَ پَسْكال ضَغْطَ الموائِع، وبَيَّنَ أنَّ ضَغْطَ السوائِلِ المَحْصورة في أوعية مُغلَقة يُؤَثِّرُ في جميعِ الإتِّجاهات بالتَّساوي، وأنَّ التَغَيُّراتِ في الضَّغْطِ تَنْتَقِلُ تَوًّا.

غاليليُو غاليلي (1564 - 1642)



الفَلَكيُّ والرِّياضيُّ الإيطاليُّ، غاليليُو، أدخَلَ تَحْسيناتٍ مَرْموقةً على التِلِسْكوبِ الكاسِر؛ ورصَدَ أوجُهَ الزُّهَرَة وكان من أوائلِ الذين دَرسوا البُقَعَ الشمسيَّة. وقد اكتشَفَ أنَّ البَنْدول (الرقَّاص) يترَجَّحُ بِسُرْعةٍ ثابتَةٍ بِغَضِّ النظر عن مَدى ترَجُّحه. كما اكتشَفَ قوانينَ الأجْسامِ السَّاقِطة. وكان غاليليُو من مُؤَيِّدي نَظريَّةِ كوپرنيكوس حولَ النظامِ الشَّمْسيِّ، فاصطدمَ بِمُعارضةِ السُّلُطاتِ الدِّينيَّة واضطُرَّ لاحقًا إلى إنكارِ مُعْتَقداتِه للنَّجاة بحياتِه. وقد تابَعَ أبحاثَه أثناءَ إقامتِه الجَبْريَّةِ في مَنْزله في فلورَنْسا؛ لكِنَّه فَقَدَ بَصَره كُلِّيًّا بِحُلول عام 1637.

روبَرْت بُويْل (1627 - 1691)



العالِمُ الإرلَنْديُّ المَولِد، روبَرْت بُويْل، أجرى اختِباراتٍ على الهواءِ والفَراغِ والاحتِراقِ والتَنَفُّس. في العام 1662، لاحظَ بُويْل أنَّ ضَغْطَ الغاز يتَناسَبُ عَكْسيًّا مع حَجْمِه في دَرجة الحرارة الثابتة. هذه العَلاقةُ تُعْرَفُ الآنَ بِقانون بُويْل. وقد درسَ بُويْل أيضًا الحوامِضَ والقَلَوِيَّاتِ والكثافةَ وعِلْمَ البِلَّورات والإنكِسار.

إسحٰق نيوتُن (1642 - 1727)



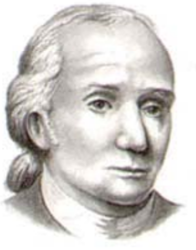
الفيزيائيُّ والرِّياضيُّ البريطانيُّ، إسحٰق نيوتُن، اشتُهِرَ بأعمالِه المُتَعَلِّقة بالجاذبيَّة، لكِنَّ ذلك ما هو إلَّا جُزْءٌ ضئيلٌ من حَشْدٍ من القوانينِ والإكتِشافاتِ التي حَقَّقَها. فقد طوَّرَ وصاغَ قوانينَه الثلاثة للحَرَكة، واكتشَفَ أنَّ الضوءَ الأبيضَ يتألَّفُ من أشِعَّةٍ ضَوئيَّةٍ ذاتِ ألوانٍ مُخْتَلِفة؛ وأقامَ أوَّلَ تلِسْكوبٍ عاكِسٍ عام 1868. وقد تورَّطَ نيوتُن في نِزاعاتٍ ومُحاجَّاتٍ كثيرةٍ طوالَ حياتِه كان أبرزَها النِّزاعُ مع غوتفريد فِلهلم لايبْنِتز حول أولويَّةِ اكتشافِ حِسابِ التكامُلِ والتفاضُل.

بنْجامين فرانْكلين (1706 - 1790)



وُلِدَ فرانكلين في بُوسْطن مَسَاتْشُوسِتْس، وكان ناشِرًا ورَجُلَ دَولة وكاتبًا غَزيرَ الإنتاج ومُخْتَرِعًا. وبدأ برامجَ اجتماعيَّة إصلاحيَّة لِرَصْفِ الطريق وإنارة الشوارع وأعادَ تَنْظيمَ مَصْلحة البَريد الأمريكيَّة. واختَرَعَ أيضًا مَوقدَ فرانكلين العالي الكِفاية الوَقُوديَّة، ومانِعَةَ الصواعق، وعَدَساتِ النظَّارات الثُّنائيَّة البُؤرة، والمَكِنةَ النسَّاخة الأولى، والهَرمونيكا. لكِنَّ أكثَرَ أعمالِه العلميَّةِ شُهْرةً كانت تَجارِبَه في مَجالِ الكَهْرباء. وهو طَوَّرَ النَّمُوذجَ المائعيَّ للتيَّارِ الكهربائيِّ – مُعَرِّفًا أنَّه يتألَّفُ من حَرَكةِ جُسَيْماتٍ صُغْريَّةٍ مَشْحونةٍ كَهْربائيًّا. وفي تَجْرِبَتِه الشَّهيرة بِتَطْييرِ طائرةٍ ورَقيَّةٍ أثناء عاصفةٍ رَعديَّة بَرْهنَ فرانْكلين أنَّ البَرْقَ هو كَهْرباء.

جوزيف پْريسْتْلي (1733 - 1804)



الكيميائيُّ البريطانيُّ جوزيف پْريسْتْلي كان له شرفُ الاشتراك في اكتِشافِ الأُكسجين مع ولهلم شيل السّويديّ عام 1774. وقد عَرَّفَ أيضًا بالعَديدِ من الغازاتِ الأُخرى بما فيها الأمونيا وأوَّلُ أُكسيد الكَرْبون وأُكسيد النِّتْروز وثاني أُكسيد الكِبْريت. واكتشَفَ أنَّ النَّباتاتِ الخَضْراء تَبْتَعِثُ الأُكسجينَ بِوُجودِ ضوءِ الشَّمْس. كان پْريسْتْلي قِسّيسًا وكاتبًا وسِياسيًّا، ناصَرَ الثَّورةَ الفرَنْسيَّةَ فأثار ذلك كراهية الجماهير الذين أحرقوا بَيْتَه وكنيسَته، فهاجَر إلى الولايات المتَّحدة واستَقَرَّ في پِنْسِلْفانيا عام 1794. وكان فيها من مُعارِضي تِجارةِ العَبيد.

أنطوان لافْوازْييه (1743 - 1794)



يُعتَبَرُ العالِمُ الفرنسيُّ لافوازييه مُؤَسِّسَ الكيمياءِ الحديثة. فقد بيَّن أنَّ الهواءَ هو مَزيجٌ من غازَيْنِ اسماهُما الأُكسجين والنِّتْروجين، وبَرْهنَ أنَّ الماءَ يتركَّبُ من هِدْروجين وأُكسجين. وابتكَر لافوازييه أسلوبًا لِتَسْميةِ المُرَكَّباتِ الكيماويَّة وكان عُضوًا في اللَّجْنةِ التي انتَبطَتْ النِّظام المِتْريّ. ولكَونِه من مُنْتَقدي الثَّورة الفرَنْسيَّة، فقد أُعدِمَ بالمِقْصَلة في باريس عام 1794.



جونْ دالتون (1766 - 1844)

بَدَأَ الكيميائيُّ البريطانيُّ جونْ دالتون أعمالَه العلميَّةَ في مَجالَي عَمَى الألوان (الدالتونيَّة) والأرصاد الجَوِّيَّة. ومنذُ العام 1787 راحَ يُسَجِّل يوميَّاتٍ حولَ الطقس حَوَتْ حوالى 200 000 مُلاحَظَة ارصاديَّة. في عام 1803 قدَّمَ دالتون نظريَّةً ذَرِّيَّةً مُفادُها أنَّ الجُزَيئاتِ تتألَّفُ من ذَرَّاتٍ مُتَّحِدَةٍ بِنِسَبٍ بَسيطة. وفي العام 1808، نَشَرَ أوَّلَ جَدْولٍ للأوزانِ الذَّرِّيَّةِ المُقارَنة. كما أجْرى أبحاثًا حولَ قُوَّةِ البُخارِ وتَمَدُّدِ الغازاتِ بالحرارة وصاغَ قانونَ دالتون للضُغوطِ الجُزْئيَّةِ لِمَزيجٍ من الغازات.



مايكِل فارادي (1791 - 1867)

الفيزيائيُّ والكيميائيُّ البريطانيُّ، مايكِل فارادي، اكتشَفَ البِنْزين عامَ 1825، وكان مُؤَسِّسَ الكيمياءِ الكَهْرَبائيَّة. واكتشَفَ ظاهِرةَ الحَثِّ الكَهْرَمِغْنَطيسيِّ التي أدَّت إلى اختراعِ الدِّينَمو والمُحَرِّكِ الكَهْرَبائيِّ. ساهمَتْ أعمالُه كثيرًا في مَفاهيمنا الحديثةِ للكَهْرباء والكَهْرَلَة (التَّحْليل الكَهْرَبائيّ) وفي تَطْويرِ البَطَّاريَّات. وكان فارادي أوَّلَ مَن استَخْدَمَ الضَّغْطَ لِتَحْويلِ الغازِ إلى سائل.



تشارلْز دارْوِن (1809 - 1892)

درَسَ داروِن الطِّبَّ واللاهوت، ثُمَّ عِلْمَ الأحياء قبْلَ أنْ يُخْتارَ كعالِمٍ طَبيعيٍّ لمرافقة سَفينةِ الاستِطلاع العلميَّة – بيچل المُتَّجِهَة إلى أمريكا الجنوبيَّة عام 1831. إثْرَ عَودتِه إلى بريطانيا، عامَ 1836، كتبَ داروِن أبحاثًا كثيرةً عن النَّباتاتِ والحيواناتِ، لكِنَّ أكثرَ ما اشتُهِرَ به هي نَظَريَّاتُه حولَ النُّشوءِ والتطوُّر – بخاصَّةٍ أعمالَه عن أَصْلِ الأنواعِ بالانتِخاب الطبيعيّ (عام 1859) وتَحَدُّرِ الإنسان (عام 1871). ارتأى داروِن أنَّ الأنواعَ لم تُخْلَقْ إفراديًّا، بل نشأت بالتطوُّر من أنواعٍ أُخرى على مَدى فَتَراتٍ طويلةٍ من الزَّمَن وفي تَنازُعٍ للبَقاءِ كان بَقاءُ الأصْلحِ أحدَ عَوامِلِه.



چريچور مِنْدِل (1822 - 1884)

وُلِدَ مِنْدِل في النَّمْسا، وسِيمَ كاهِنًا في العام 1847. وقد تدَرَّبَ مُدَرِّسًا للعُلوم فيما كان يُنَمِّي نَبَتاتٍ في سِلْسِلةٍ من الاختِبارات في حديقةِ الدَّيرِ في برون. وفي أبحاثِه عن الوِراثةِ في النَّباتات – بخاصَّةٍ من أنواع البازِلاّء – اكتشَفَ مِنْدِل عددًا من القواعِدِ الرئيسيَّة التي تَحْكُمُ الوِراثة، بما فيها قانونٌ مُفادُه أنَّ الصِّفاتِ تَنْتَقِلُ بالوِراثةِ بصُورةٍ مُسْتَقِلَّةٍ واحدتُها عن الأخرى– وهذا أساسُ تركيبِ الجيناتِ الصَّاغِرة والسَّائدة. وجَديرٌ بالذِّكر أنَّ نتائجَ بُحوثِ مِندل نُشِرت عام 1866، لكِنَّ أحدًا لم يَنْتَبِهْ حَتَّى عُثِرَ عليها بَعْدَ وَفاتِه بـ 34 سَنَة.



لويس پاستور (1822 - 1895)

كان الكيميائيُّ الفَرَنْسيُّ، لويس پاستور، أوَّلَ مَن بيَّنَ أنَّ المِكْروباتِ هي التي تُحْدِثُ التَّخْميرَ والأمراض. فاستَحْدَثَ عمليَّةَ البَسْتَرة وهي قَتْلُ الجراثيم باستِخْدام الحرارة. وشَدَّدَ على ضَرورةِ تَعْقيمِ المُعَدَّاتِ الطِّبِّيَّة، مُنْقِذًا بذلك أرواحَ الكثيرين. اكتشَفَ پاستور لَقاحَي السُّعار (داء الكَلْب) والجَمْرة الخَبيثة (الأنْثراكس). وفي عام 1888، أسَّسَ مَعْهَدَ پاستور في باريس لِمُعالَجةِ الأمراض السَّاريَة؛ وعَمِلَ فيه حتَّى وَفاتِه.



جيمْس كْلارك ماكْسويل (1831 - 1879)

الفيزيائيُّ البريطانيُّ، جيمْس ماكْسويل، كانَ أوَّلَ مَن عَبَّرَ عن قوانينِ المِغْنَطيسيَّةِ والكَهْرباء بِمُعادلاتٍ رياضيَّة. في العام 1864، بَرْهَنَ أنَّ الأمواجَ الكَهْرُمِغْنيطيَّةَ هي تَوْليفاتٌ من مَجالاتٍ كَهْربائيَّةٍ ومِغْنَطيسيَّةٍ مُتَذَبْذِبة؛ وعرَّفَ أنَّ الضوءَ شَكْلٌ من الإشعاعاتِ الكَهْرُمِغْنيطيَّة. كما أضافَ مَفاهيمَ جَديدةً لِحَرَكةِ الغازات، مُبَيِّنًا أنَّ سُرْعةَ الجُزَيئاتِ في غازٍ مَّا تعتَمِدُ على دَرَجةِ حرارتِها.



جوزيف جون طومْسون (1856 - 1940)

وُلِدَ طومْسُون في مانشِسْتَر، ودرَسَ في جامعة كيمبرِدْج حيثُ أصبَحَ أُستاذَ الفيزياءِ الاختِباريَّةِ في العام 1884. وقد أدَّى عَمَلُه إلى اكتِشافِ الإلكترون؛ كما اكتشَفَ أنَّ الغازاتِ قادِرةٌ على تَوصيلِ الكَهْرباء، وكان رائدًا في مَجالِ الفيزياءِ النَّوويَّة. نالَ طومْسُون جائزة نُوبل للفيزياء عام 1906.



ماري كوري (1867 - 1934)

عملَتْ ماري كوري البُولونيَّةُ المَوْلد مع زَوجِها پيير في باريس. ومُنِحا، بالاشتِراك مع هِنْري بيكريل، جائزةَ نُوبل للفيزياء عام 1903 لإنجازاتِهم في اكتِشافِ (الفاعليَّة) الإشعاعيَّة. وفي العام 1906، أصبحَتْ ماري كوري أُستاذةَ الفيزياء في جامعة السُّوربون، بباريس. وتوَصَّلَتْ إلى استِخْلاص عُنْصُرَي البُولونيُوم والرَّاديُوم من خاماتِهما، بالإضافةِ إلى اكتِشافِ البلوتونيُوم. نالَتْ ماري كوري جائزةَ نُوبل للكيمياء عام 1911. وتوفِّيَتْ بداءِ فَقْرِ الدَّم (الأنيميا) الخَبيث الذي تَسَبَّبَ به تعَرُّضُها للإشعاع على مَدى عِدَّةِ سَنَوات.



إرْنِسْت رذَرْفورد (1871 - 1937)

هذا الفيزيائيُّ النيوزيلَنْديُّ المَوْلد عَمِلَ مع السِّير جوزيف جون طومْسُون في جامعة كيمبرِدْج. اكتشَفَ رذَرْفورد وُجودَ النُّوى في الذَّرَّات كما اكتشَفَ جُسَيْمات ألفا. وبالاشتِراك مع فرِدْريك صُودي، توَصَّلا إلى أنَّ الإشعاعيَّةَ تَنْتُجُ عن اضمِحْلالِ الذَّرَّات. كان رذَرْفورد أوَّلَ مَن فَلَقَ الذَّرَّة. ونالَ جائزةَ نُوبل للكيمياء عام 1908 لدراساتِه حوْلَ مُختلِفِ أنماطِ الإشعاعات.



ألبرْت أيْنشتَيْن (1879 - 1955)

عالِمٌ ألمانيُّ المَوْلد، ذاعَ صيتُه نَتيجَةً لنَظَريَّتِه النِّسْبيَّةِ الخاصَّة «عام 1905» التي تَرْبطُ بين كُتلةِ المادَّةِ المُتلاشِيَةِ والطاقة وَفْقًا للمُعادَلةِ الشهيرة: ط = ك س^2، حيثُ «ط» هي الطاقة الناتِجَة وَ«ك» الكُتْلة المُتَلاشِيَة، وَ«س» سُرْعة الضَّوء. هذه النَّظَريَّةُ مع نَظَريَّةِ النِّسْبيَّةِ العامَّة «عام 1915» أعادتا تَحْديدَ وتَوجُّهِ مَنْظورِ العُلَماء إلى الكَوْن. ومن بين إنجازاتِه الأخرى النَّظريَّةُ الكَهْرَضوئيَّةُ التي مُنِحَ لأجْلِها جائزة نُوبل للفيزياء عامَ 1921.



دُورُوثي هُودْجكِن (1910 - 1994)

وُلِدَتْ هُودْجكِن في مِصْر ودرسَتْ في جامعتَي أُكسفُورد وكيمبرِدْج قبْلَ أنْ تُصْبِحَ زميلةً باحِثةً في جامعة أُكسفُورد من عام 1936 حتَّى عام 1977. وتَقْديرًا لإنجازاتِها في عِلْمِ البلَّورات، مُسْتَخْدِمةً تِقْنيَّاتِ الأشِعَّة السِّينيَّة (أشِعَّة إكس)، مُنِحَتْ جائزة نُوبل للكيمياء عام 1964، لاكتِشافِها بِنْيةَ الڤيتامين ب12 (B_{12}) وبِنَى جُزَيئاتٍ مُعَقَّدةٍ أُخرى بما فيها البِنِسلين والإنسولين.

اِخْتِراعاتٌ واكتِشافات



اشِعَّةُ إكس (الأَشِعَّةُ السِّينيَّة)

في نوفمبر 1895، كان الفيزيائيُّ الالمانيُّ وِلْهِلْم كُونْراد رُونْتجِن يَعْمَلُ في مُخْتبره بأُنبوبِ أشِعَّةٍ كاثوديَّةٍ وشاشةٍ فَلوريَّة. ولاحَظَ أنَّ شَكْلًا من الإشعاعاتِ كان يُنيرُ الشَّاشةَ المَحْجُوبةَ عن الأشِعَّةِ الكاثوديَّة، فسَمَّى تِلكَ الإشعاعات «اشِعَّةَ إكس». وبعدَ مُضيِّ شَهْر، استطاعَ التِقاطَ أوَّلِ صورةٍ فُوتُوغرافيَّة باشِعَّةِ إكس، أي أوَّل صورة شُعاعيَّة، بانَتْ فيها العِظامُ في يَدِ زوجتِه. وقد نالَ رُونْتجِن جائزةَ نُوبل للفيزياء عام 1901.



بُصَيْلةُ مِصْباحِ الإضاءة

في العام 1801، اوضَحَ الكيميائيُّ البريطانيُّ هَمْفري دِيفِي ظاهِرةَ التَّوهُّج، وهي قُدْرةُ المَوادِّ على ابتِعاثِ الضوءِ عندَ إحمائِها إلى دَرجاتِ حرارةٍ عالية. وفي العام 1878، صنَعَ العالِمُ الامريكيُّ جوزيف وِيلْسون سْوان بُصَيْلةَ مِصْباحِ الإضاءةِ الأولى مُسْتَخْدِمًا فَتيلةً كربونيَّةً مُتوهِّجةً في بُصَيْلةٍ زُجاجيَّةٍ مُفْرَغَةٍ من الهواء. ثُمَّ انتَجَ المُخْتَرِعُ الامريكيُّ تُوماس ألفا اديسُون، بعْدَ سَنة، بُصَيْلةً مَثيلة. وراحَ يُطَوِّر المُعَدَّاتِ اللَّازمةَ لإنتاجِ مَنْظوماتِ الإضاءةِ العَمليَّةِ الأولى.



تَسْجيلُ الصَّوْت

في عام 1855، صَنَع المُخترِعُ الفرَنْسيُّ ليون سْكوت مُسَجِّلَ صوتٍ ذاتيًّا (فُونُوغرافا) يُسَجِّلُ الذَّبْذَباتِ الصَّوتيَّةَ على الوَرَق. وفي العام 1877، طوَّرَ تُوماس أديسُون (الفُونُوغراف) الذي يُسَجِّلُ الصَّوتَ حُزوزًا على رُقاقةٍ قَصْديريَّةٍ يُمكِنُه تاليًا استِعادةُ الصَّوتِ منها. وكانَ أوَّلُ غرامُوفون يَسْتَخْدِمُ الأقراصَ المُسَجَّلةَ (وكانت قَبْلًا أُسْطُوانات) من ابتكار إميل بِرْلَيْنر الالمانيِّ المَوْلِد عام 1887. امَّا الكاسيتاتُ الشريطيَّةُ الأُولى فقد سَوَّقَتْها الشركةُ الهولنديَّةُ فيليبْس عام 1961، كما سَوَّقت شركةُ صوني الأقراصَ المُدْمَجةَ عامَ 1980.



التَّصْويرُ الفُوتُوغرافيّ

في عام 1826، حقَّقَ المُخترِعُ الفرَنْسيُّ جوزيف نيِيْس أوَّلَ صورةٍ فُوتُوغرافيَّةٍ دائمةٍ على ألواحٍ فِلِزِّيَّةٍ مَطليَّةٍ بالقار (البِتْيُومن). ومنذُ 1829 حتَّى وَفاتِه عام 1833، تابع نيِيْس تجاربَه الفوتوغرافيَّةَ مع الفَنَّانِ والمُخترِعِ الفرَنْسيِّ لويس داجير. وبحُلول 1837، كان داجير قد طوَّرَ التِّقْنيَّاتِ العمليَّةَ الأُولى لِطَبْعِ الصُّوَرِ الفُوتُوغرافيَّة. وفي 1841، سَجَّلَ العالِمُ البريطانيُّ وِلْيَم تالبُوت براءةَ اختِراعِ عَمليَّةٍ تَسْتَخْدِمُ صورةً سَلْبيَّةً لِطَبْعِ عِدَّةِ نُسَخٍ (أو طَبَعاتٍ) من الصُّورةِ الواحدة.



التلِفِزيون

عامَ 1884، اخترعَ العالِمُ الالمانيُّ پُول نيپكو قُرْصًا ذا عَدَساتٍ لَولبيَّةٍ تَفْلِقُ الصورةَ إلى خُطوطٍ عندما يُدَوَّم. واستَخْدَمَ المُخترِعُ البريطانيُّ جون لوجاي بيرد قُرْصَ نيپكو في مَنْظومةٍ تلِفِزيونيه الميكانيكيَّة، التي عرَضَها عَمَليًّا عام 1926. واستَخْدَمَتْ هَيْئةُ الإذاعةِ البريطانيَّةِ (BBC) مَنْظومةَ بيرد لِبَثِّ الأخبارِ والمَشاهِدِ منذُ العام 1929. ثُمَّ طُوِّرَ التلِفِزيونُ الإلكترونيُّ في عِشْرينيَّاتِ وثلاثينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين على يدِ العالِمِ الرُّوسيِّ المَوْلِد ڤلاديمير زوريكين والمُخترعَيْن الأمريكيَّيْن فيلُو فارنْزوُرث وألِنْ دومونت.



التلِفون

اعتمادًا على ما تعَلَّمه المُخترِعُ الاسكتلنديُّ المَولِد ألكسندر غراهام بِلّ من عملِه الدَّؤوب لِتَحْسين التلِغراف، تقدَّم بطَلَبِ تَسْجيلِ براءةِ نَبيطةٍ تلِفونيَّةٍ ظُهْرَ 14 يناير عام 1876 – قَبْلَ ساعَتَيْن تَمامًا من تَقْديمِ المُخترِعِ الأمريكيِّ إليشا غْراي المَطْلَبَ نَفْسَه. وفي مارس 1876، بعَثَ بِلّ كلماتٍ واضحةً للمَرَّةِ الأُولى عَبْرَ جهازٍ تلِفونيٍّ بِدائيّ.



الحامِضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقُوصُ الأُكسجين (د ن أ)

اكتُشِفَ الحامضان الرِّيبيَّان (د ن أ وَ ر ن أ) للمَرَّةِ الأُولى عام 1869 على يدِ الفِسْيُولوجيِّ السويسريِّ جوهان فريدريخ مِيشر. وفي العام 1944، بيَّنَ فريقٌ من العُلَماءِ الأمريكيِّين، بإشرافِ العالِمِ الكَنَديِّ المَوْلِد أوسوُلد ت. أفْري، أنَّ د ن أ يَنْقُلُ المَعْلوماتِ الوِراثيَّةَ (الجِينيَّة). وفي عام 1953، توَصَّلَ جِيمْس واطْسون وفرانسيْس كْرِك إلى تَحْديدِ بِنْيةِ د ن أ كَلَوْلبٍ مُزْدوجٍ من النُّوويدات (النُّكْليوتيدات). وقد اعتمَدَتْ اكتِشافاتُهما على أبْحاثِ عالِمَيْن في عِلْمِ البلُّورات هما موريس وِلْكِنْز ورُوزالِنْد فرانْكلين. وقد مُنِحَ وِلْكِنْز جائزةَ نُوبل بالاشتِراك مع واطْسون وكْرِك عام 1962.



الدِّيْناميت

في بداياتِ سِتِّينيَّاتِ القَرْنِ التاسِعَ عشَر، جَهِدَ الكيميائيُّ السُّويديُّ ألفرِدْ نُوبل لتَطْويرِ طريقةٍ مامونةٍ لاستِخْدامِ النِّتْروغليسرين القويِّ – المُتفَجِّرِ اللامُسْتقِرّ. وفي العام 1867، سجَّل بَراءةَ تَصْنيعِ مَزيجٍ من النِّتْروغليسرين ونَوعٍ من الصَّلْصال، يُسمَّى كَيْزِلْغُور، يَبْقى مُسْتقِرًّا حتَّى إشعالِه بصاعقٍ أو كبسُولة تَفْجير. وسَمَّى نُوبل هذا المَزيجَ ديناميت؛ وسُرعان ما راجَ استِخْدام الدِّيناميت على نِطاقٍ واسِعٍ في تَفْجيرِ الأنْفاقِ والمَحاجِر.



الراديو

الفيزيائيُّ الالمانيُّ هِنْريخ هِرْتْز كان أوَّلَ من بَيَّنَ تَواجُدَ الامواجِ الرَّاديويَّةِ عامَ 1888. وطَبَّقَ اكتِشافَه المُخترِعُ الإيطاليُّ غُوليِلْمُو ماركُوني، الذي بَنَى أوَّلَ مَنْظومةٍ راديويَّةٍ عامَ 1895. وفي عام 1901، أرسَلَ ماركُوني إشارةً راديويَّةً عَبْرَ المُحيطِ الأطْلسيّ. وفي عام 1906، تحَقَّقَ أوَّلُ بَثٍّ إذاعيٍّ صَوتيٍّ على يد الفيزيائيِّ الكَنَديِّ ريجنالْد فِسّانْدن.



الرُّقاقةُ الصُّغْريَّة

في عام 1947، ابتَكَر العُلماءُ الأمريكيُّون جون بارْدين وَ وُلْتَر براتين وَ وِلْيَم شُوكْلي الترانزِسْتورَ شِبْهَ المُوَصِّل. وبحُلول عام 1971، أُنْزِلَتْ إلى الأسواقِ رُقاقاتٌ صُغْريَّةٌ مُنَمْنَمٌ على الرُّقاقةِ الواحدةِ منها 2300 ترانْزِسْتور. وهنالك، حاليًّا، رَقائقُ صُغْريَّةٌ مُتاحَةٌ أكثَرُ قوَّةً بكثير. وهي تُسْتَخْدَمُ كمُعالِجاتٍ في الحواسيبِ أو كمُعالِجاتٍ صُغْريَّةٍ تَحْكُمُ عَمليَّاتِ الأجْهزةِ الكهربائيَّةِ المَنْزليَّةِ كمَكِناتِ الغسيل.



السَّواتل

أوَّلُ ساتِلٍ اصطناعيّ، سبُوتْنك «1»، صُنِع في الاتِّحادِ السوڤياتيِّ وأُطلِقَ إلى الفَضاءِ في 4 اكتوبر عام 1957. حَمَلَ سبُوتْنك «1» مُرسِلَ إشاراتٍ لاسلكيَّةٍ (راديويَّة) وتِرْمومِترًا. ومنذئذٍ، أُطلِقَتْ مئاتُ السَّواتلِ لاستِخْداماتٍ مُنَوَّعةٍ شَمَلَتِ المَسْحَ العالَميَّ والاتِّصالاتِ والاستِطْلاعاتِ العَسْكريَّة. وقد أُطلِقَ تِيروس «1»، أوَّلُ ساتِلِ رَصْدٍ جَوِّيٍّ عام 1960.



صواريخُ الفَضَاء

الفيزيائيُّ الرُّوسيُّ، كُونسْتَنْتين تِسيُولُوفسْكي، كان أوّلَ مَن اقترَحَ استِخْدامَ الصواريخ للأبحاثِ الفَضَائيَّةِ في القَرْنِ التاسِعَ عشَر. وكان المُهَنْدسُ الأمريكيُّ روبَرْت غودارْد هو مُطلِقُ أوّلِ صاروخٍ يعمَلُ بالوَقُودِ السَّائل عام 1926. أمّا عالِمُ الصواريخ الألمانيُّ المَوْلد ڤِرنْهَر ڤون بْراون، فهو الذي طوَّرَ الصاروخَ الطويل المَدى (V - 2) في اربعينيَّاتِ القَرْنِ العِشْرين، ثُمَّ واصلَ ابحاثَه في امريكا مع فريقٍ من العُلَماء لِتَطْويرِ صاروخِ ساتورن «5»، لِهَيئة ناسا، الذي حمَلَ بَعَثاتِ أبُولُو إلى القَمَر.



الطائرة

أُولى لمَرْكبات الطيَّارة الأثقل من الهواء كانت الطائرةَ الشَّراعيَّةَ التي بَناها المُخترِعُ البريطانيُّ جورج كَيلي عام 1808. ثُمَّ تَطوَّرَ مَفْهومُ الطيران إلى مَدًى أبعدَ على يدِ باني الطائرات الشِّراعيَّة الألمانيِّ اوتُو ليلينثال، الذي ابتكرَ طائرةً شِراعيَّةً ذاتَ جَناحَيْن مُقَوَّسَيْن عامَ 1877. امّا اوّلُ طَيرانٍ آليِّ التحَكُّم والقُدْرة فكان في العام 1903، عندما بَنَى الأخَوان الامريكيَّان، أُرْڤِيل ووِيلْبَر رايْت، فلايَر – 1 وطارا بها. ثُمَّ تابَعَ الاخوان رايْت تطويرَ طائراتٍ اكثرَ قابليَّةً للتحَكُّم طَوالَ العَقْدِ الأوّلِ من القَرْنِ العِشْرين – حافِزِينَ آخرين كُثْرًا على تَطويرِ إمكاناتِ النَّقْلِ الجَوِّيّ.



الطِّباعة

استَخْدَمَ الصِّينيُّونَ كُتَلًا خَشَبيَّةً مَحْفورةً للطِّباعةِ على الوَرَق قبْلَ عام 200 م؛ ولعَلَّ الكُوريِّين هُم اوّلُ من طَوَّر حروفَ الطِّباعة الفِلِزِّيَّة (المعدنيَّة) منذُ اوائل القَرْنِ الرابِعَ عشَر. ويَعودُ الفَضْلُ في تَطْويرِ اوّلِ مِطْبعةٍ اوروبيَّةٍ تَسْتَخْدِمُ حُروفَ طِباعةٍ مُتحرِّكة إلى الطبَّاعِ الألمانيِّ يُوهان غوتِنْبرغ حوالى العام 1447. وقد استَخْدَمَ ولْيَم كاكْسْتُون مِطْبعةً مُماثِلَةً في إنكلترا منذُ العام 1476 – واسَّسَ خُوان پابلُوس مِطْبعةً في مدينة مكسيكو سيتي عامَ 1539.



الطَّوَّافة (الهليكوپْتَر)

تَصاميمُ ليُونارْدو داڤِنْشي لِطائرةٍ عَموديَّةِ الإقلاع اثقَلَ من الهواء لم تتحقَّق إلّا بعدَ اكثرَ من اربَعةِ قُرون. وكانت اوّلُ طَوَّافةٍ كامِلَةُ التحكُّم هي الفُوك – وُلف (Fw - 61) التواميَّةُ الدوَّار – التي طَوَّرها مُصَمِّمُ الطائراتِ الألمانيُّ هِنْريخ فُوك عامَ 1936. امّا اوّلُ طوَّافة أُحاديَّةُ الدوَّار فقد تحقَّقت في الولايات المتَّحدة على يَدي المُهَندس الرُّوسيِّ الأصل إيجور سِيكورْسكي عام 1939.



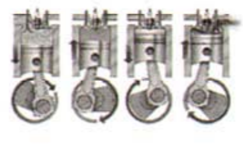
[illegible]

عُرِفَتْ تَفاصيلُ مَبْدأ الفِعْل اللَّيْزَريِّ منذُ عام 1917 على يدِ البِرْت اَيْنشتَيْن. لكِنْ لم تُوضَعْ تلكَ النَّظريَّةُ مَوضِعَ التنفيذ إلّا في [illegible]سِتينَّات القَرْنِ العشْرين – حيث طوَّرَ الفيزيائيُّون [illegible] الأمريكيُّون غوردن غولد وثيودور ميمان وتْشارْلز [illegible] ونَشار[illegible] هذا الوقت، كما فعَلَ [illegible] الفيزيائيُّون [illegible] بروخوروف. وفي العام 1964، استُخْدِمَ لِيْزَرُ مَيْمان الياقوتيُّ في مُعالَجةِ جُروحٍ في شبكيَّةِ العَيْن – وكان ذلك اوّلَ تَطْبيقٍ عَمَليٍّ لِلَّيازِر. ومنذُئذٍ، وجدَتْ انماطٌ عديدةٌ من اللَّيازِر استِخْداماتٍ مُختلِفةً في الطِّبِّ والصِّناعةِ والإتِّصالات.



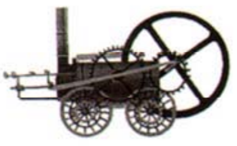
المِجْهَرُ الإلكترونيّ

في العام 1932، ابتكَر العالمان الالمانيَّان ماكسْ نُول وإرنيست رَسْكا مِجْهرًا يَستَخْدِمُ حُزَمًا من الإلكترونات بدَلَ الضوءِ لِتكوينِ الصُّوَر. ولم تزِدْ قُوَّةُ تكبيرِ مِجْهرِهما هذا على 17 مَرَّة. امّا المجاهِرُ الإلكترونيَّةُ الحديثةُ فَتُكَبِّرُ حتَّى مِليونَي مرَّة – وهذا اكثَرُ بكثيرٍ مِمّا يُمكِنُ تكبيرُه بالمِجْهرِ البَصَريّ. هذه المَجاهِرُ تُمَكِّنُ من تَقَصّي وبِراسَةِ الموادِّ والمُتَعَضِّياتِ التي لا يُمكِنُ مُشاهَدتُها بالمِجْهَرِ البَصَريّ.



مُحَرِّكُ الاحتِراق الدَّاخليّ

يَعودُ الفَضْلُ في تَصْميم اوّلِ مُحَرِّكٍ احتِراقٍ داخليّ، يعمَلُ بِنَجاح، إلى المُخترع الفَرَنْسيِّ إيتْيان لِنْوار. فقد صنعَ مُحَرِّكًا ثُنائيَّ الشُّوط عامَ 1860. وفي العام 1867، طوَّرَ المُهَنْدسان الالمانيَّان نيكولاس أُوتُو ويُوجين لانْغِن مُحَرِّكَ احتِراقٍ داخليّ مُحَسَّنًا. وفي عام 1876، سجَّلَ أُوتُو براءةَ اختِراع اوّلِ مُحَرِّكِ احتِراقٍ داخليٍّ رُباعيِّ الأشواط – فكان رائدَ المُحَرِّكات التي غدَت حاليًّا تُزَوِّدُ مُحَرِّكاتِ المَرْكَباتِ في سائرِ ارجاءِ العالَم بالقُدْرة.



المُحَرِّكُ البُخاريّ

الفيزيائيُّ الفَرَنْسيُّ، دِنيس پاپين، فَصَّل اساسيَّاتِ القُدْرةِ البُخاريَّةِ عام 1679. وفي 1712، صنَعَ توماس نيوكومِن وتوماس سِيفْرِي اوّلَ مُحَرِّكٍ بُخاريٍّ عَمَليٍّ استُخْدِمَ على نِطاقٍ واسِعٍ في ضَخِّ الماءِ خارجَ المَناجِم. وفي العام 1768، صنَعَ المُهَنْدسُ البريطانيُّ جِيمْس واط مُحَرِّكًا بُخاريًّا مُحَسَّنًا وسجَّلَ براءتَه في السَّنَةِ التالية. وقد قامَ هذا المُحَرِّكُ البُخاريُّ بدَوْرٍ رئيسيٍّ في الثَّوْرةِ الصِّناعيَّة.



المُحَرِّكُ النفَّاث

عامَ 1930، سجَّلَ الطالبُ في القُوَّات الجَوِّيَّةِ المَلَكيَّةِ البريطانيَّة، فرانْك وِيتِل، براءةَ تَصْميمِه لِمُحَرِّكٍ نفَّاث. ثُمَّ اختبَرَ وِيتِل مُحَرِّكًا نفَّاثًا كامِلًا على الارض في عام 1937. وقُرابَةَ الوقتِ نَفْسِه، بَنَى المُهَنْدس الالمانيُّ هانْس ڤون أُوهين مُحَرِّكًا مُماثِلًا زُوِّدت به اوّلُ طائرةٍ نفَّاثة – هي الهينْكل (He 178)، عامَ 1939. امّا اوّلُ نفَّاثةٍ – هي الهينْكل (E 28/39)، التي جُهِّزَتْ بِمُحَرِّكٍ نفَّاث (W - 1) وِيتِليِّ التَّصْميم، بلَغت قُوَّةُ دَفْعِه القُصْوى 3800 كِيلو نيوتُن. وطارت الجِلُوسْتَر اوّلَ مرَّةٍ في 15 مايو عام 1941.



المُطَهِّرات

في العام 1865، استرْعَت مَقولةُ الكيميائيِّ الفَرَنْسيِّ، لويس پاستور، بِأنَّ الميكروباتِ المَحْمولةَ بالهواء هي التي تُسَبِّبُ العَدْوى، بالغَ الاهتِمام من الجرّاح البريطانيِّ جوزيف لِسْتَر. فراحَ لِسْتَر، عَبْرَ تجاربه بالأخماجِ والعَدْوى في حوادث كُسُور العَظْم، يَخْتَبِر بِنَجاحٍ سِلْسلةً من المُطَهِّرات مُسْتَخْدِمًا مَحلولَ حامض الكَرْبوليك (الفينول) لوقايةِ الجُروح من المِكْروباتِ في الهواء. حاليًّا، تُسْتَخْدَمُ المُطَهِّراتُ على نِطاقٍ واسِعٍ في العَمليَّاتِ الجِراحيَّةِ وفي الرِّعايَةِ الصِّحِّيَّة، إضافةً إلى تَعْقيم اوعيَةٍ واماكِنِ إعداد الأطعمة.



مَكِنةُ الغَزْل

عام 1764 طوَّرَ المُخترِعُ البريطانيُّ جِيمْس هارْجريڤز إحدى المَكِنات الأُولى لِزيادةِ فاعليَّةِ صِناعة النَّسيج. فكانت مَكِنةُ الغَزْلِ اليَدويَّةُ، التي سمَّاها «جِني» باسْم ابنتِه تَمْشُطُ عددًا من الخُيوط ومن حُزَمٍ مُفْردةٍ من الألياف وتوزِّعُها على عددٍ من المَغازِل الإفراديَّة. فمَكَّنَ بذلك من غَزْلِ الخُيوطِ المَبْرومة بِسُرْعة.

مَسْرَدُ التَّعْريفات

أ

اِتِّصالات بُعاديَّة: نَقْلُ المَعْلومات على مَدى مَسافاتٍ طويلة بإشاراتٍ كَهْربائيَّةٍ أو ضوئيَّةٍ أو راديويَّة. (Telecommunications)

اِحتِراق: المُصطلَح العِلميّ لوَصْف جميع أنواع الاشتِعال. (Combustion)

اِحتِكاك: قوَّةٌ تُقاومُ الحَرَكةَ بينَ سَطحَيْن مُتلامسَين. (Friction)

اِختِزال: إزالةُ الأُكسجين من مُرَكَّب، أو إضافةُ الهِدْروجين إليه؛ أو اكتِسابُ المادَّة للإلكترونات؛ وهو عَكْسُ الأكسَدة. (Reduction)

أرضٌ جُموديَّة: تُرْبةٌ أو صُخورٌ دائمة التجَمُّد – دَرجةُ حرارتِها دون نُقْطةِ تجَمُّد الماء. (Permafrost)

اِستِنْساخ: تَخْليقُ مُتَعَضِّياتٍ مُتطابقةٍ جينيًّا طبيعيَّةٍ أو اصطِناعيَّة. (Cloning)

أُشابة، سَبيكة: خَليطٌ من فلِزَّيْن أو أكثر، أو من فلِزٍّ ولافلِزّ. (Alloy)

إشعاع: طاقةٌ كَهْرُمِغْنيطيَّة تَنْتَقِلُ كتمَوُّجات. مادَّةٌ وطاقةٌ تُبْتَعَثان من اضمِحلالِ مادَّةٍ مُشِعَّة. (Radiation)

إشعاعٌ دونَ الأَحْمر: أمواجٌ كَهْرُمِغْنيطيَّة تقعُ مُباشَرةً دونَ حَدِّ الترَدُّدِ الخَفيض للطَّيف المَرْئيّ. (Infrared radiation)

الإشعاعيَّة؛ النَّشاطُ الإشعاعيّ: نُزوعُ نَوى نَظائرَ مُعَيَّنةٍ، غير مُسْتقِرَّةٍ، لابتِعاث إشعاعات. (Radioactivity)

إشعاعٌ فوقَ البنَفْسجيّ: إشعاعٌ كهرُمِغْنيطيّ يقَعُ بعْدَ حَدِّ الترَدُّدِ العالي للطَّيْف المَرْئيّ. (Ultraviolet Radiation)

أشِعَّةُ إكس؛ الأَشِعَّةُ السِّينيَّة: إشعاعاتٌ عاليَةُ الترَدُّد تَسْتَطيعُ المُرورَ عبْرَ بعضِ الأَجْسام غير الشَّفَّافة. (X-rays)

اِصطِناعيّ، صُنْعيّ: وَصْفٌ لِمُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ أو مَوادَّ أُخرى تُحَضَّرُ اصطِناعيًّا بتفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في مَصْنعٍ أو مُنشأة كيماويَّة. (Synthetic)

إعادة التدوير: تجميعُ وإعادةُ استِخْدام الموادِّ (من النُّفاياتِ المعالَجة) للحِفاظ على الطاقةِ والمَوارِد. (Recycling)

أكسَدَة: إضافةُ الأُكسجين إلى مُرَكَّب، أو إزالةُ الهِدْروجين منه؛ أو فَقْدُ المادَّة للإلكترونات؛ وهي عَكْسُ الاِخْتِزال. (Oxidation)

أُكسيد: مُرَكَّبٌ من عُنْصُرٍ أو أكثرَ مُتَّحِدةٍ مع الأُكسجين. (Oxide)

إلكترون: جُسَيْمٌ دُون الذَّرِّيّ سَالِبُ الشِّحْنةِ الكهربائيَّة يَدورُ حوْلَ نَواة ذَرَّةٍ عادةً. (Electron)

أمواج كَهْرُمِغْنيطيَّة: أمواجٌ دائمةُ تَغَيُّرِ المَجالاتِ الكهربائيَّة والمِغْنَطيسيَّة – كالضوءِ والأشِعَّة الراديويَّة وأشِعَّة إكْس. (Electromagnetic Waves)

أنزيم: مادَّةٌ كيماويَّة في الكائنات الحَيَّة تعمَلُ كحفَّازاتٍ للتفاعلات الكيماويَّة في تلكَ الكائنات. (Enzyme)

اِنعِكاس: عمليَّةُ ارتدادِ مَوجةٍ، غالبًا من الضَّوء، عن وَسَطٍ آخَر. (Reflection)

اِنكِسار: اِنحِناءُ أمواجِ الضَّوء عندَ عُبورِها الحَدَّ بين مادَّتَينْ شفَّافتَيْن مُخْتَلِفَتَي الكَثافة. (Refraction)

ب

البَرْق: وَميضٌ ضوئيٌّ يُحدِثُه تَفْريغٌ ضَخْمٌ من الكَهْربائيَّة السَّاكِنة عَبْرَ الغازاتِ في الجَوّ. (Lightning)

بُروتون: جُسَيْمٌ دُونَ الذَّرِّيّ كُتْلتهُ تُساوي كُتْلةَ النيُوتْرون وشِحْنَتُه الكهربائيَّةُ المُوجبة تساوي وتخالِفُ شِحْنَةَ الإلكترون السالبة. وهو يُؤَلِّفُ النَّواةَ في ذَرَّةِ الهِدْروجين العاديّ. (proton)

بَكتيريا، جراثيم: مُتَعَضِّياتٌ مِجْهَرِيَّةٌ حَيَّة، بَعْضُها مُمْرِضٌ وبعضُها مُفيدٌ في التَّخْمير. (Bacteria)

البُوليمَرات (المَكْثُورات): يتألَّفُ البُوليمَرُ من جُزَيْئاتٍ كُبْرِيَّة تَحوي جُزَيْئاتٍ مُتَماثلةً صغيرة تُسَمَّى مَوْحُودات مُتَرابطةً معًا كيماويًّا. (Polymers)

ت

تَحْصين: أنظر «تَمْنيع».

التروپُوسْفير: الغِلافُ الجَوِّيُّ السُّفْليُّ الذي يمتَدُّ إلى ارتفاع 13,5 كم فوقَ سَطْح الأرض؛ وتَتواجَدُ فيه مُعْظَمُ السُّحُب. (Troposphere)

تَسارُع: مِقدارُ تغَيُّر سُرعة جِسْمٍ مُتَحَرِّك في وَحْدة الزَّمَن. (Acceleration)

تطَوُّر: تغَيُّراتٌ أساسيَّةٌ في البِنْيةِ الجينيَّةِ للنَّوع على مَدى سِلْسِلةٍ من الأجيال. (Evolution)

تَعريَة: أنظر «حتّ»

تِقانَةٌ أحيائيَّة: استِخْدام المُتَعَضِّياتِ الحَيَّة في إنتاج مُنْتَجاتٍ مُفيدة. (Biotechnology)

التِّقاناتُ الدِّقِّيَّة: عِلمُ وهندسةُ الأَحياء المِجْهريَّةِ الدِّقَّة. (Nanotechnology)

تكاثُر: عمليَّةُ توالدِ الكائناتِ الحيَّة لِبَقاءِ النَّوع. (Reproduction)

تكتونيَّات: دِراسةُ البِنَى للَّوحيَّة التي تُكَوِّنُ قِشْرة الأرض، والقُوى والعمليَّات التي تعمَلُ على تَغْييرها. (Tectonics)

تَمْنيع، تَحْصين: وسائلُ طِبِّيَّةٌ تُكسِبُ جهازَ المَناعة في الجِسْم حَصَانةً ضدَّ عَدوى الأمراض السَّارية. (Immunization)

تنَفُّس: اِمتِصاصُ الأُكسجين لتَحرير الطاقة من الغذاء وابتِعاث ثاني أُكسيد الكربون والرُّطوبة. (Respiration)

ث

ثَقْبٌ أسْود: مِنْطقةٌ قاتِمةٌ في الفَضَاء – كُتْلتُها من الضَّخامةِ بحيثُ لا يَسْتَطيعُ أيُّ شيءٍ الإفلاتَ من شَدِّ جاذبيَّتِها حتَّى الضَّوء. (Black hole)

ثِقل: أُنظر «وَزْن»

ج

جاذبيَّة: قُوَّةُ تَجاذبٍ بين جِرْمَيْن بفِعْل كُتْلتَيْهِما. (Gravity)

جامِديَّة: حالةُ المادَّة ذاتِ الشَّكل المُحَدَّد بِسبَبِ القُوى التي تُمسِكُ أجزاءَها معًا. (Solid)

جُزَيْء: أصغَر جُزْءٍ من المادَّة (ذَرَّة أو مَجْموعة ذَرَّات) يُمكِنُ أن توجدَ بذاتِها ولها خصائص تلك المادَّة. (Molecule)

جَوّ: طَبَقةُ الغازات والسُّحُبِ المُحيطة بكَوْكبٍ أو نَجْمٍ أو قَمَر. (Atmosphere)

جينة، مُوَرِّثة: قِطْعةٌ من د ن أ تَنْتَقِلُ من الوالدَيْن إلى النَّسْل مُحَدِّدةً الصِّفاتِ الجَسَديَّةَ في المُتَعَضِّي. (Gene)

ح

حامِض: مُرَكَّبٌ كيماويٌّ يَحوي جُزَيْئُه الهِدْروجين عادةً، وانحِلالُه في الماء يُعْطي أيُوناتِ الهِدْروجين. (Acid)

حَبَل: أُنظر «حَمْل»

حَتّ: عمليَّةُ تآكُل المادَّة وانتِقالِ حُتاتِها بالماءِ أو الرِّياح أو الجاذبيَّة أو الجَليد. (Erosion)

حَفَّاز: مادَّةٌ كيماويَّة تُسَرِّع التفاعُلَ الكيماويَّ ولا تَتَغَيَّرُ في نِهايةِ التفاعُل. (Catalyst)

حُمَة: أُنظر «فيروس»

حَمْض: أُنظر «حامض»

الحَمْل، فَتْرةُ الحَمْل: في اللَّبُونات، الفَتْرةُ التي يتطَوَّرُ خِلالَها الجَنينُ ويَغْتَذي داخِلَ رَحِم أُمِّه. (Gestation)

حَيُوم: إقليمٌ مُناخيٌّ يتألَّفُ من مواطِنَ بيئيَّةٍ مُختلِفة، تَسْتوطِنُه أشكالٌ حياتيَّةٌ مُتَمَيِّزةٌ من النباتات والحيوانات. (Biome)

خ

خام: مَعدِنٌ يُمكِنُ استِخْراجُ مُنْتَجاتٍ مُفيدة، كالفلِزّات، منه. (Ore)

خُسُوف (القَمر)، كُسوف (الشَّمْس): إحْتِجابُ النُّور من جِرْمٍ فَلَكيّ عند مُروره في ظِلِّ جِرْمٍ آخَر. (Eclipse)

خَطُّ استِواء: دائرةٌ وَهْميَّةٌ على سَطح كوكبٍ أو نَجْم على بُعْدٍ مُتَساوٍ من قُطْبَيْه. (Equator)

خليَّة (في الأحياء): الوَحْدةُ الأساسيَّةُ في بِناء جميع الكائنات الحيَّة – نباتات وحيوانات. (في الكهرباء) وَحْدةٌ تتحوَّل فيها الطاقة الكيماويَّةُ إلى طاقة كهربائيَّة. (Cell)

خَواء: أُنظر «فَراغ»

د

دَروكٌ حَيَويًّا: قابِلٌ للإنحِلال في بيئةٍ طبيعيَّةٍ بِوَسائلَ بيُولوجيَّةٍ في فترةٍ زمنيَّة غير مَديدة. (Biodegradable)

د ن أ: الحامِضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأُكسجين. يَتواجَدُ د ن أ في كُلِّ خَليَّةٍ حيَّةٍ ويَحْمِلُ جميعَ المَعْلومات الوراثيَّة (الجينيَّة) للمُتَعَضّي. (DNA)

ذ

ذَبْذَبات: حَرَكاتٌ ترجُّحِيَّةٌ مُتكَرِّرةٌ بانتِظام تُوصَفُ بِمِقْدارِ تَرَدُّدها وسَعَتِه. (Vibrations)

ذَرَّة: أصغَرُ جُسَيْمٍ من المادَّة يَدخُل في تفاعُلٍ كيماويّ. (Atom)

س

سائل: حالةٌ سيّالةٌ للمادَّة لا شكلَ ثابتًا لها فتَتَّخِذُ شكلَ الوِعاء الذي تُوجَدُ فيه وتتجمَّع في قاعِه. (Liquid)

ساتِل: جِرْمٌ يَدورُ حوْلَ جِرْمٍ آخر اكبر. القَمَر ساتِلٌ (تابِعٌ) طبيعيٌّ للأرض. كثيرٌ من السَّواتِل الإصطِناعيَّة تَدورُ حوْلَ الأرض – كمُرَحِّلاتٍ في شبكةِ الإتِّصالاتِ البُعاديَّة أو كمَحطّاتٍ لالتِقاط الصُّوَرِ الفُوتُوغرافيَّة. (Satellite)

سُرْعة (اتِّجاهيَّة): المَسافةُ التي يقطَعُها جِسْمٌ مُتَحرِّكٌ في اتِّجاهٍ مُعَيَّنٍ في زمنٍ مُحَدَّد – غالِبًا في الثانية. (Velocity)

سُرْعةُ الإفْلات: السُّرْعةُ التي يجِبُ أن يبلُغَها الجِسْمُ لِيُفْلِتَ من جاذبيَّةِ جِرْمٍ فَلَكيّ، ككوكَبٍ مثلًا. (Escape Velocity)

سَطْحُ انسِيابٍ رافِع: سَطح مُحدَّبُ الظهر، كجَناح الطائرة – سُرعة الرِّيح فوقه أزيَدُ منها تحته، فيُوَلِّد قُوَّةَ رَفْعٍ عندما يَخترِقُ الهواء. (Aerofoil)

سَنَةٌ ضَوئيَّة: المَسافةُ التي يقطَعُها الضوءُ في سَنة أرضيَّة = $9,465 \times 10^{12}$ كيلومتر. (Light Year)

ش

شِبْهُ مُوَصِّل: مادَّةٌ مُقاوَمتُها الكهربائيَّةُ وَسَطٌ بين المُوَصِّلاتِ والعازِلات، وتَهْبِطُ بارتِفاعِ دَرجةِ الحرارة. (Semiconductor)

ص

صَخْرٌ رُسُوبيّ: نوعٌ من الصَّخْر تكَوَّنَ من رُسابات – حِجارةٍ ورَمْلٍ ومُتَعَضِّيات مَيْتةٍ ووَحْلٍ – تجمَّعَتْ تحتَ كتلةٍ مائيَّة وتصَلَّدتْ على مَدى الزَّمَن. (Sedimentary Rock)

صَخْرٌ مُتحوِّل: صخرٌ تحَوَّلَ بفِعْلِ الحرارة أو الضَّغْط أو بِكِلَيْهما. (Metamorphic Rock)

صخورٌ ناريَّة، صخورٌ بُرْكانيَّة: صخورٌ تكوَّنَت تحتَ سطحِ الأرض بتجمُّدِ الموادِّ الصَّهيرة. (Igneous Rocks)

صَدْع شَقٌّ أو فَلْقٌ في الصخور ناجِمٌ عن حركةِ الطبقات الصخريَّة على امتِداده. مَفصِلٌ بين لَوحتَيْن تكتونيَّتَيْن – يَكونُ عادةً مصدرًا للزَّلازِل. (Fault)

صهارة، صَهير: مادَّةٌ انصهرَتْ بالحرارة في باطِن الأرض فتحَوَّلتْ إلى الحالةِ السائليَّة. (Magma)

ض

ضَغْط: مِقْدارُ القُوَّة التي يُؤثِّر بها جامدٌ أو سائلٌ أو غازٌ على وَحْدةِ المِساحة. (pressure)

ط

طاقة الحَرَكة: طاقةُ الجِسْم الناجِمةُ عن سُرْعَتِه. (Kinetic Energy)

طاقة مُتَجَدِّدة: مواردُ طاقةٍ مُسْتدامة، كالرِّياح والمَدِّ والجَزْر، يُمكِنُ تَسْخيرُها لتَوليدِ القُدرة دون استِنْفادِها. (Renewable Energy)

طاقة الوَضْع: طاقةُ الجِسْم الناجِمةُ عَن وَضْعِه أو حالتِه. (Potential Energy)

طَبَقةُ الأُوزون: طَبَقةٌ في أعالي الجَوّ تَحوي تَرْكيزًا عاليًا من غاز الأُوزون (أو «O_3») الذي يَمْتَصُّ الأشِعَّةَ فوقَ البنَفْسجيَّة الضارَّة من أشِعَّةِ الشَّمْس. (Ozone layer)

طُولٌ مَوجيّ: المَسافةُ بين نُقْطتَيْن مَثيلَتَي الطُّور في المَوْجة. (Wavelength)

طَيْفٌ لَونيّ: مَدى تَرَدُّدات الضَّوء المَرْئيّ؛ ألوانُ قَوْس قُزَح مُرَتَّبةً وَفْقًا لِتَرَدُّداتها. (Colour Spectrum)

ظ

ظاهِرة الدَّفيئات: إحتِباسُ جَوِّ الأرض للحرارة بفِعْلِ غازاتٍ كالميثان وثاني أُكسيد الكربون. (Greenhouse Effect)

ع

عازِل: مادَّةٌ غيرُ مُوصِّلةٍ للكَهْرباءِ والحرارة. (Insulator)

العَطالة، قُوَّةُ الإستِمرار، القُصورُ الذاتيّ: نُزوعُ الأجْسام لِمُقاومَةِ التغيُّر في كمِّيَّةِ تحَرُّكِها. (Inertia)

عُنْصُر: مادَّةٌ لا يُمكِنُ تَحويلُها إلى مَوادَّ أبسَطَ بالتفاعُلات الكيماويَّة. (Element)

غ

غاز: شَكْلٌ من المادَّةِ خَفيضُ الكثافة لا حَجْمَ ولا شَكْلَ مُحَدَّدًا له – فَيَنْتَشِرُ في كامِلِ الوِعاء الذي يَحْتويه. (Gas)

ف

فَراغ، خَواء: حَيِّزٌ خالٍ من المادَّة. الفَراغُ الجُزَيْئيُّ يَحْوي تَرْكيزًا خَفيضًا جِدًّا من المادَّة على ضَغْطٍ خَفيض.(Vacuum)

فَقاريّ: حَيَوانٌ ذو عَمودٍ فَقاريّ. (Vertebrate)

فيروس، حُمَة: مُتَعَضٍّ مِجْهَريٌّ – أصغَرُ من البَكتِريا – يَنْقُلُ المَرضَ أو يُسَبِّبُه في مُتَعَضٍّ آخَر. (Virus)

ق

قاعِدة: مُرَكَّبٌ يَتفاعَلُ مع حامضٍ لِيُعطي مِلْحًا ومَاء. أو هو مُرَكَّبٌ يتقَبَّلُ البِروتونات. (Base)

قِلْو، قِلْي: قاعِدةٌ تَذوبُ في الماء فَتكَوِّنُ أيُونات الهِدْروكسيد، وتُنْتِجُ مِلْحًا بتفاعُلِها مع الحامِض. (Alkali)

قُوَّة: دَفْعٌ أو شَدٌّ يُكسِبُ الجِسْمَ تَسارُعًا أو يُغَيِّرُ شَكْلَه. (Force)

ك

كثافة: كُتْلةُ وَحْدة الحَجْم – وهي قياسُ مِقْدار تَراصِّ الكُتْلة في المادَّة. (Density)

الكَهْروكيمياء: أُنظر «الكيمياء الكَهْربائيَّة» (Electrochemistry)

كَوْكَب: كُرَةٌ ضَخْمةٌ من المادَّة تَدورُ حوْلَ الشَّمْس أو حوْلَ نَجْمٍ آخَر. (Planet)

كَوْكَبة (بُرْج): مَجْموعةٌ من النُّجوم تُؤلِّفُ صورةً سَماويَّةً أو المِنْطقة التي تَضُمُّها. هنالك 88 كَوْكَبة. (Constellation)

مَسْرَدُ التَّعْريفات

أ

اِتِّصالات بُعاديَّة: نَقْلُ المَعْلومات على مَدى مَسافاتٍ طويلة بإشاراتٍ كَهْربائيَّةٍ أو ضوئيَّةٍ أو راديويَّة. (Telecommunications)

اِحتِراق: المُصطلَح العِلميّ لوَصْف جميع أنواع الاشتِعال. (Combustion)

اِحتِكاك: قوَّةٌ تُقاوِمُ الحَرَكةَ بينَ سَطحَيْن مُتلامسَين. (Friction)

اِختِزال: إزالةُ الأُكسجين من مُرَكَّب، أو إضافةُ الهِدْروجين إليه؛ أو اكتِسابُ المادَّة للإلكترونات؛ وهو عَكْسُ الأكسَدة. (Reduction)

أرضٌ جُموديَّة: تُرْبةٌ أو صُخورٌ دائمة التجَمُّد – دَرجةُ حرارتِها دون نُقْطةِ تجَمُّد الماء. (Permafrost)

اِستِنْساخ: تَخْليقُ مُتَعَضِّياتٍ مُتَطابقةٍ جينيًّا طبيعيَّةٍ أو اصطِناعيَّة. (Cloning)

أشابة، سَبيكة: خَليطٌ من فلِزَّيْن أو أكثر، أو من فلِزٍّ وَلافلِزّ. (Alloy)

إشعاع: طاقةٌ كَهْرُمِغْنيطيَّة تَنْتَقِلُ كتمَوُّجات. مادَّةٌ وطاقةٌ تُبْتَعَثان من اضمِحلال مادَّةٍ مُشِعَّة. (Radiation)

إشعاعٌ دونَ الأَحْمر: أمواجٌ كَهْرُمِغْنيطيَّة تقعُ مُباشَرةً دونَ حَدِّ الترَدُّدِ الخَفيض للطَّيف المَرْئيّ. (Infrared radiation)

الإشعاعيَّة؛ النَّشاطُ الإشعاعيّ: نُزوعُ نَوى نَظائرَ مُعَيَّنةٍ، غير مُسْتقِرَّة، لابتِعاث إشعاعات. (Radioactivity)

إشعاعٌ فوقَ البنَفْسجيّ: إشعاعٌ كهرُمِغْنيطيّ يقَعُ بعْدَ حَدِّ الترَدُّدِ العالي للطَّيْف المَرْئيّ. (Ultraviolet Radiation)

أشِعَّةُ إكس؛ الأَشِعَّةُ السِّينيَّة: إشعاعاتٌ عاليَةُ الترَدُّد تَسْتطيعُ المُرورَ عبْرَ بعضِ الأَجْسام غير الشَّفَّافة. (X-rays)

اِصطِناعيّ، صُنْعيّ: وَصْفٌ لِمُرَكَّباتٍ كيماويَّةٍ أو مَوادَّ أُخرى تُحَضَّرُ اصطِناعيًّا بتفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ في مَصْنعٍ أو مُنشأة كيماويَّة. (Synthetic)

إعادة التدوير: تجميعُ وإعادةُ استِخْدام الموادِّ (من النُّفاياتِ المعالَجة) للحِفاظِ على الطاقةِ والمَوارِد. (Recycling)

أكسَدَة: إضافةُ الأُكسجين إلى مُرَكَّب، أو إزالةُ الهِدْروجين منه؛ أو فَقْدُ المادَّة للإلكترونات؛ وهي عَكْسُ الاِخْتِزال. (Oxidation)

أُكسيد: مُرَكَّبٌ من عُنْصُرٍ أو أكثرَ مُتَّحِدةٍ مع الأُكسجين. (Oxide)

إلِكترون: جُسَيْمٌ دُون الذَّرِّيّ سَالِبُ الشُّحْنةِ الكهربائيَّة يَدورُ حوْلَ نَواة ذَرَّةٍ عادةً. (Electron)

أمواج كَهْرُمِغْنيطيَّة أمواجٌ دائمةُ تَغَيُّرِ المَجالاتِ الكهربائيَّة والمِغْنَطيسيَّة – كالضوءِ والأشِعَّة الراديويَّة وأشِعَّة إكْس. (Electromagnetic Waves)

أنزيم: مادَّةٌ كيماويَّة في الكائنات الحَيَّة تعمَلُ كحفَّازاتٍ للتفاعلات الكيماويَّة في تلكَ الكائنات. (Enzyme)

اِنعِكاس: عمليَّةُ ارتدادِ مَوجةٍ، غالبًا من الضَّوء، عن وَسَطٍ آخَر. (Reflection)

اِنكِسار: اِنحِناءُ أمواجِ الضَّوء عندَ عُبورِها الحَدَّ بين مادَّتينْ شفَّافتَيْن مُخْتلِفتَي الكَثافة. (Refraction)

ب

البَرْق: وَميضٌ ضوئيٌّ يُحدِثُه تَفْريغٌ ضَخْمٌ من الكَهْربائيَّة السَّاكِنة عَبْرَ الغازاتِ في الجَوّ. (Lightning)

بروتون: جُسَيْمٌ دُونَ الذَّرِّيّ كُتْلتهُ تُساوي كُتْلةَ النيُوترون وشِحْنَتُه الكهربائيَّةُ المُوجبة تساوي وتخالِفُ شِحْنَةَ الإلكترون السالبة. وهو يُؤلِّفُ النَّواةَ في ذَرَّةِ الهِدْروجين العاديّ. (proton)

بَكتِريا، جراثيم: مُتَعَضِّياتٌ مِجْهَريَّةٌ حَيَّة، بَعْضُها مُمْرِضٌ وبعضُها مُفيدٌ في التَّخْمير. (Bacteria)

البُوليمَرات (المَكْثُورات): يتألَّفُ البُوليمَرُ من جُزَيئاتٍ كُبْريَّة تَحوي جُزَيئاتٍ مُتَماثلةً صغيرة تُسَمَّى مَوْحُودات مُتَرابطةً معًا كيماويًّا. (Polymers)

ت

تَحْصين: أنظر «تَمْنيع».

التروپوسفير: الغِلافُ الجَوِّيُّ السُّفْليُّ الذي يمتَدُّ إلى ارتفاع 13,5 كم فوقَ سَطْح الأرض؛ وتَتواجَدُ فيه مُعْظمُ السُّحُب. (Troposphere)

تَسارُع: مِقدارُ تغَيُّر سُرعة جِسْمٍ مُتَحَرِّك في وَحْدة الزَّمَن. (Acceleration)

تطَوُّر: تغَيُّراتٌ أساسيَّةٌ في البِنْيَةِ الجينيَّةِ للنَّوع على مَدى سِلْسِلةٍ من الأجيال. (Evolution)

تَعرِيَة: أنظر «حتّ».

تِقانَةٌ أحيائيَّة: استِخْدام المُتَعَضِّياتِ الحَيَّة في إنتاج مُنْتَجاتٍ مُفيدة. (Biotechnology)

التِّقاناتُ الدِّقِّيَّة: عِلمٌ وهندسةُ الأَحياء المِجْهريَّةِ الدِّقَّة. (Nanotechnology)

تكاثُر: عمليَّةُ توالدِ الكائناتِ الحيَّة لِبَقاءِ النَّوع. (Reproduction)

تكتونيَّات: دِراسةُ البِنَى اللَّوحيَّة التي تُكَوِّنُ قِشْرةَ الأرض، والقُوى والعمليَّات التي تعمَلُ على تَغْييرها. (Tectonics)

تَمْنيع، تَحْصين: وسائلُ طِبِّيَّةٌ تُكسِبُ جهازَ المَناعة في الجِسْم حَصَانةً ضدَّ عَدوى الأمراض السَّارية. (Immunization)

تنَفُّس: اِمتِصاصُ الأُكسجين لتَحرير الطاقة من الغذاء وابتِعاث ثاني أُكسيد الكربون والرُّطوبة. (Respiration)

ث

ثَقْبٌ أسْود: مِنْطقةٌ قاتِمةٌ في الفَضاء – كُتْلَتُها من الضَّخامةِ بحيثُ لا يَسْتطيعُ أيُّ شيءٍ الإفلاتَ من شَدِّ جاذبيَّتِها حتَّى الضَّوء. (Black hole)

ثِقَل: أنظر «وَزْن»

ج

جاذبيَّة: قُوَّةُ تَجاذبٍ بين جِرْمَيْن بفِعْل كُتْلَتَيْهِما. (Gravity)

جامِديَّة: حالةُ المادَّة ذاتِ الشَّكل المُحَدَّد بِسبَبِ القُوى التي تُمسِكُ أجزاءَها معًا. (Solid)

جُزَيء: أصغَر جُزْءٍ من المادَّة (ذَرَّة أو مَجْموعة ذَرَّات) يُمكِنُ أن توجدَ بذاتِها ولها خصائص تلك المادَّة. (Molecule)

جَوّ: طَبَقةُ الغازات والسُّحُب المُحيطة بكَوْكبٍ أو نَجْمٍ أو قَمَر. (Atmosphere)

جينة، مُوَرِّثة: قِطْعةٌ من د ن أ تَنْتَقِلُ من الوالدَيْن إلى النَّسْل مُحَدِّدةً الصِّفاتِ الجَسَديَّةَ في المُتَعَضِّي. (Gene)

ح

حامِض مُرَكَّبٌ كيماويٌّ يَحوي جُزَيْئه الهِدْروجين عادةً، وانحِلالُه في الماء يُعْطي أيُوناتِ الهِدْروجين. (Acid)

حَبَل: أنظر «حَمْل»

حَتّ: عمليَّةُ تآكُل المادَّة وانتِقالِ حُتاتِها بالماءِ أو الرِّياح أو الجاذبيَّة أو الجَليد. (Erosion)

حَفَّاز: مادَّةٌ كيماويَّة تُسَرِّع التفاعُلَ الكيماويَّ ولا تَتَغَيَّرُ في نِهاية التفاعُل. (Catalyst)

حُمَة: أنظر «ڤيروس»

حَمْض: أنظر «حامض»

الحَمْل، فَتْرةُ الحَمْل: في اللَّبُونات، الفَتْرةُ التي يتطَوَّرُ خِلالَها الجَنينُ ويَغْتذي داخِلَ رَحِمِ أُمِّه. (Gestation)

حَيُّوم: إقليمٌ مُناخيٌّ يتألَّفُ من مواطِنَ بيئيَّةٍ مُختلِفة، تَسْتوطِنُه أشكالٌ حياتيَّةٌ مُتَمَيِّزةٌ من النباتات والحيوانات. (Biome)

خ

خام: مَعدِنٌ يُمكِنُ استِخْراجُ مُنْتَجاتٍ مُفيدة، كالفلزّات، منه. (Ore)

خُسُوف (القَمر)، كُسوف (الشَّمْس): اِحْتِجابُ النُّور من جِرْمٍ فَلَكيّ عند مُروره في ظِلِّ جِرْمٍ آخَر. (Eclipse)

خَطُّ استِواء: دائرةٌ وَهْميَّةٌ على سَطح كوكبٍ أو نَجْم على بُعْدٍ مُتَساوٍ من قُطْبَيْه. (Equator)

خليَّة (في الأحياء): الوَحْدةُ الأساسيَّةُ في بِناء جميع الكائنات الحيَّة – نباتات وحيوانات. (في الكهرباء) وَحْدةٌ تتحَوَّل فيها الطاقة الكيماويَّةُ إلى طاقة كهربائيَّة. (Cell)

خَواء: أُنظر «فراغ»

د

دَروكٌ حَيَويًا: قابلٌ للإنحِلال في بيئةٍ طبيعيَّةٍ بوَسائلَ بيُولوجيَّةٍ في فترةٍ زمنيَّة غير مَديدة. (Biodegradable)

د ن أ: الحامضُ النَّوَويُّ الرِّيبيُّ المَنْقوصُ الأكسجين. يَتواجَدُ
د ن أ في كُلِّ خليَّةٍ حيَّةٍ ويَحْمِلُ جميعَ المَعْلومات الوراثيَّة (الجينيَّة) للمُتَعَضّي. (DNA)

ذ

ذَبْذبات: حَرَكاتٌ ترجُحِيَّةٌ مُتكَرِّرةٌ بانتِظام تُوصَفُ بمِقْدار تَرَدُّدها وسَعَتِه. (Vibrations)

ذَرَّة: أصغَرُ جُسَيْمٍ من المادَّة يَدخُل في تفاعُلٍ كيماويّ. (Atom)

س

سائل: حالةٌ سيّالةٌ للمادَّة لا شكلَ ثابتًا لها فتَتَّخِذُ شكلَ الوعاء الذي تُوجَدُ فيه وتتجمَّع في قاعِه. (Liquid)

ساتِل: جِرْمٌ يَدورُ حوْلَ جِرْم آخر اكبر. القَمَر ساتِلٌ (تابعٌ) طبيعيٌّ للأرض. كثيرٌ من السَّواتِل الإصطِناعيَّة تَدورُ حوْلَ الأرض – كمُرَحِّلاتٍ في شبكةِ الإتِّصالاتِ البُعاديَّة أو كمَحطاتٍ لالتِقاط الصُّوَرِ الفُوتُوغرافيَّة. (Satellite)

سُرْعة (اتِّجاهيَّة): المَسَافةُ التي يقطَعُها جِسْمٌ مُتَحَرِّكٌ في اتِّجاهٍ مُعَيَّنٍ في زمنٍ مُحَدَّد – غالبًا في الثانية. (Velocity)

سُرْعةُ الإفْلات: السُّرْعةُ التي يجِبُ أن يبلُغَها الجِسْمُ ليُفْلِتَ من جاذبيَّةِ جِرْمٍ فَلكيّ، ككوكبٍ مثلًا. (Escape Velocity)

سَطْحُ انسِيابٍ رافِع: سَطح مُحدَّبُ الظهر، كجَناح الطائرة – سُرعة الرِّيح فوقه أزيَدُ منها تحته، فيُوَلِّد قُوَّةَ رَفْعٍ عندما يَخترِقُ الهواء. (Aerofoil)

سَنَةٌ ضَوئيَّة: المَسافةُ التي يقطَعُها الضوءُ في سَنة أرضيَّة = $9,465 \times 10^{12}$ كيلومتر. (Light Year)

ش

شِبْهُ مُوَصِّل: مادَّةٌ مُقاوَمتُها الكهربائيَّةُ وَسَطٌ بين المُوَصِّلاتِ والعازِلات، وتَهْبِطُ بارتِفاعِ دَرجةِ الحرارة. (Semiconductor)

ص

صَخْرٌ رُسُوبيّ: نوعٌ من الصَّخْر تكَوَّنَ من رُسابات – حِجارةٍ ورَمْلٍ ومُتَعَضِّيات مَيْتةٍ ووَحْل – تجمَّعَتْ تحتَ كتلةٍ مائيَّة وتصَلَّدتْ على مَدى الزَّمَن. (Sedimentary Rock)

صَخْرٌ مُتحَوِّل: صخرٌ تحَوَّلَ بفِعْلِ الحرارة أو الضَّغْط أو بكِلَيْهما. (Metamorphic Rock)

صخورٌ ناريَّة، صخورٌ بُرْكانيَّة: صخورٌ تكوَّنَت تحتَ سطحِ الأرض بتجَمُّدِ الموادِّ الصَّهيرة. (Igneous Rocks)

صَدْع: شَقٌّ أو فَلْقٌ في الصخور ناجمٌ عن حركةِ الطبقات الصخريَّة على امتِداده. مَفصِلٌ بين لَوحَتَيْن تكتونيَّتَيْن – يَكونُ عادةً مصدرًا للزَّلازِل. (Fault)

صهارة، صَهير: مادَّةٌ انصهرَتْ بالحرارة في باطِن الأرض فتحَوَّلَتْ إلى الحالةِ السائليَّة. (Magma)

ض

ضَغْط: مِقْدارُ القُوَّة التي يُؤَثِّر بها جامدٌ أو سائلٌ أو غازٌ على وَحْدةِ المِساحة. (pressure)

ط

طاقة الحَرَكة: طاقةُ الجِسْم الناجِمةُ عن سُرْعَتِه. (Kinetic Energy)

طاقة مُتَجَدِّدة: مواردُ طاقةٍ مُسْتَدامةٌ، كالرِّياح والمَدِّ والجَزْر، يُمكِنُ تَسْخيرُها لتَوليدِ القُدرة دون استِنْفادِها. (Renewable Energy)

طاقة الوَضْع: طاقةُ الجِسْم الناجِمةُ عَن وَضْعِه أو حالتِه. (Potential Energy)

طَبَقةُ الأوزون: طَبَقةٌ في أعالي الجَوِّ تَحوي تَرْكيزًا عاليًا من غاز الأُوزون (O_3 أو «O_3») الذي يَمْتَصُّ الأشِعَّةَ فوقَ البَنَفْسجيَّة الضارَّة من أشِعَّةِ الشَّمْس. (Ozone layer)

طُولٌ مَوجيّ: المَسافةُ بين نُقْطتَيْن مَثيلتَي الطَّور في المَوْجة. (Wavelength)

طَيْفٌ لونيّ: مَدى تَرَدُّدات الضَّوء المَرْئيّ؛ ألوانُ قَوْس قُزَح مُرَتَّبةٌ وَفْقًا لتَردُّداتها. (Colour Spectrum)

ظ

ظاهِرة الدَّفيئات: اِحتِباسُ جَوِّ الأرض للحرارة بفِعْلِ غازاتٍ كالميثان وثاني أُكسيد الكربون. (Greenhouse Effect)

ع

عازِل: مادَّةٌ غيرُ مُوصِّلةٍ للكَهْرباءِ والحرارة. (Insulator)

العَطالة، قُوَّةُ الإستِمرار، القُصورُ الذاتيّ: نُزوعُ الأجْسام لِمُقاومَةِ التغَيُّر في كمِّيَّة تَحَرُّكها. (Inertia)

عُنْصُر: مادَّةٌ لا يُمكِنُ تَحويلُها إلى مَوادَّ أبسَطَ بالتفاعُلات الكيماويَّة. (Element)

غ

غاز: شَكْلٌ من المادَّةِ خَفيضُ الكثافة لا حَجْمَ ولا شَكْلَ مُحَدَّدًا له – فيَنْتَشِرُ في كامِلِ الوِعاء الذي يَحْتويه. (Gas)

ف

فَراغ، خَواء: حَيِّزٌ خالٍ من المادَّة. الفَراغُ الجُزْئيُّ يَحْوي تَرْكيزًا خَفيضًا جدًّا من المادَّة على ضَغْطٍ خَفيض.(Vacuum)

فَقاريّ: حَيَوانٌ ذو عَمودٍ فَقاريّ. (Vertebrate)

فَيروس، حُمَة: مُتَعَضٌّ مِجْهَريٌّ – أصغَرُ من البَكتِريا – يَنْقُلُ المَرَضَ أو يُسَبِّبُه في مُتَعَضٍّ آخَر. (Virus)

ق

قاعِدة: مُرَكَّبٌ يَتفاعَلُ مع حامضٍ ليُعطي مِلْحًا ومَاء. أو هو مُرَكَّبٌ يتقَبَّلُ البروتونات. (Base)

قِلْو، قِلْي: قاعِدةٌ تَذوبُ في الماء فتَكَوِّنُ أيُونات الهِدْروكسيد، وتُنْتِجُ مِلْحًا بتَفاعُلِها مع الحامض. (Alkali)

قُوَّة: دَفْعٌ أو شَدٌّ يُكسِبُ الجِسْمَ تَسارُعًا أو يُغَيِّرُ شَكْلَه. (Force)

ك

كثافة: كُتْلةُ وَحْدة الحَجْم – وهي قياسُ مِقْدار تَراصِّ الكُتْلة في المادَّة. (Density)

الكَهْروكيمياء: أُنظر «الكيمياء الكَهْربائيَّة» (Electrochemistry)

كَوْكَب: كُرَةٌ ضَخْمةٌ من المادَّة تَدورُ حوْلَ الشَّمْس أو حوْلَ نَجْمٍ آخَر. (Planet)

كَوْكَبة (بُرْج): مَجْموعةٌ من النُّجوم تُؤَلِّفُ صورةً سَماويَّةً أو المِنْطَقة التي تَضُمُّها. هنالك 88 كَوْكَبة. (Constellation)

الكيمياء الكهربائيّة: فرعُ الكيمياء الذي يُرابِطُ بين التفاعلات الكيماويّة والتيّارات الكهربائيّة. (Electrochemistry)

ل

لافَقاريّ: حيَوانٌ عديم العَمود الفَقاريّ. (Invertebrate)

ليْزَر: (تَضْخيم الضَّوء بابتِعاثِ الإشعاعِ المُنَشَّط): نَبيطةٌ تبْتَعِثُ حُزْمةً ضوئيّةً أُحاديّةَ التَرَدُّد دقيقةً جدًّا وقَويّةً جدًّا. تُستَخْدَمُ اللّيازِرُ في الطِّبِّ والإتّصالاتِ والصِّناعة. (Laser)

م

مَثْوى: أُنظر «مَوطن بيئيّ»

مَجال مِغْنَطيسيّ: مِنْطقة حوْلَ الجِسْم المُمَغْنط تظهَرُ فيها القُوى المِغْنطيسيّة. (Magnetic Field)

مَجَرّة: مَنْظومةٌ من مَلايين أو بلايين النُّجُوم والكواكب بالإضافة إلى سُدُمٍ غازيّةٍ وغُباريّةٍ يُمسِكُها تَجاذُبٌ مُتَبادَل. (Galaxy)

مَحْلول: مَزيجٌ يتألّفُ من جامِدٍ أو غازٍ مُذاب في سائل. (Solution)

مَخْلوط: أُنظر «مَزيج»

مَدار: مَسارُ جِرْمٍ حوْلَ آخَر – كمَسارِ القَمَر حوْلَ الأرض. (Orbit)

مُرَكَّب: مادّةٌ تتألّفُ من عُنْصُرَيْن أو اكثَر مُترابطةً معًا كيماويًّا. (Compound)

مَزيج، مَخْلوط: مادّتان أو اكثَر تَشْغَلُ الحَجْمَ نفسَه، لكِنْ غير مُتَرابطةٍ معًا كيماويًّا. (Mixture)

مُضيء، نَيِّر: مُصطلَحٌ يُستَخْدَمُ في وَصْفِ جِسْمٍ يَبْتَعِثُ ضوءًا بذاتِه. (Luminous)

مَعْدِن: مادّةٌ غير عُضْويّةٍ ثابتةُ التركيب الكيماويّ تَتواجَدُ طبيعيًّا في الصُّخور. (Mineral)

مِغْنَطيس: جِسْمٌ يَجْذِبُ الحديدَ والنيكل والكوبَلْت، ويَجْتذِبُ أو يُنَفِّرُ مِغْنَطيساتٍ أُخرى. (Magnet)

مُقاوَمة: قُدْرةُ المادّةِ على مَنْعِ أو تَخْفيضِ سَرَيان التيّارِ الكهربائيّ عَبْرَها. (Resistance)

مَكْثورات: أُنظر «بوليمَرات»

مَنْظومةٌ بيئيّة: مَجْموعةٌ مُتَكامِلةٌ ذاتيًا من النباتات والحيوانات والبيئة التي تَعيشُ فيها – كغابَةٍ مَطيرةٍ أو بُحَيْرةٍ مثلًا. (Ecosystem)

مُوَرِّثة: أُنظر «جينة»

مُوَصِّل: مادّةٌ تَسْمَحُ بمُرورِ الحرارةِ أو التيّار الكهربائيّ عَبْرَها. (Conductor)

مُوَصِّليّةٌ فائقة: قُدْرةُ تَوصيلِ تيّارٍ كَهْربائيّ دُون فَقْدٍ يُذْكَر – لإنعِدامِ المُقاوَمة. بعضُ الموادِّ تُصبِحُ مُوَصِّلاتٍ فائقةً في دَرَجاتِ الحرارة الخَفيضة. (Superconductivity)

مَوطِنٌ بيئيّ، مَثْوى: مَكانٌ تَتوافَرُ فيه الظروفُ البيئيّة لِعَيشِ حيوانات أو نباتات مُعَيَّنة. (Habitat)

ن

نانو–: سابقَة بمَعْنى دَقيق أو مِجْهريّ. النانُو جُزْءٌ من ألف مليون. (Nano-)

نَجْم: كُرَةٌ ضخمةٌ من الغازات، مُعْظمُها من الهِدْروجين والهِلْيوم، يُنْتِجُ فيها تفاعُلُ الإندِماج النَّوَويّ حرارةً وضَوءًا، كالشَّمْس. (Star)

نَسيجٌ (عُضْويّ) الخلايا التي تُؤلِّفُ جُزْءًا مُعَيَّنًا من النَّباتِ أو الحيَوان. (Tissue)

نَظائر: ذَرّاتٌ من العُنْصُر نفسِه تحوي في نَواها العددَ نفسَهُ من البروتونات – لكِنْ عددًا مُخْتلِفًا من النيوتْرونات. (Isotopes)

نَفْحِيّات: استِخْدامُ الغاز المَضغوط (عادةً الهواء) لِنَقْلِ القُدْرة الميكانيكيّة. (Pneumatics)

نَواة: كُتْلةٌ من البروتونات والنيوتْرونات في قَلْبِ الذَّرّة. (Nucleus)

نَوْع: مَجْموعةٌ من المُتَعَضِّيات المُتَماثِلة تتناسَلُ طبيعيًّا فيما بينها فتُنْتِجُ نَسْلًا مِخصابًا. (Species)

نيِّر أُنظر «مُضيء»

نيوتْرون: جُسَيْمٌ دونَ الذَّرّيّ، كُتْلتُه تُساوي كُتْلةَ البروتون لكِنْ لا يَحْمِلُ شِحْنةً كَهْربائيّة. (Neutron)

هـ

هُرْمونات: مَوادُّ كيماويّةٌ يُنْتِجُها المُتَعَضّي للتَّحَكُّمِ في وَظائفِ الجِسْم، كالنُّمُوّ. (Hormones)

الهَنْدَسةُ الوِراثيّة (الجينيّة): عِلْمُ تَغْييرِ أو غَرْسِ الجيناتِ لِتَخْليقِ مُتَعَضِّياتٍ جديدةٍ أو إنتاجِ موادَّ مُفيدة. (Genetic Engineering)

الهَيْدروليّات: استِخْدامُ الضَّغْط في السَّوائل لِنَقْلِ القُدْرة. (Hydraulics)

و

وَحْدةٌ فَلَكيّة (وف): وَحْدةُ قِياس تُساوي مُعَدَّل البُعْد بين الأرض والشَّمْس – بِمقْدارها 000 600 149 كم. (Astronomical Unit, AU)

وَزْن، ثِقْل: قوّةُ شَدِّ الجاذبيّة على جِسْمٍ ما بسَبَبِ كُتْلتِه. (Weight)

وَقودٌ أُحْفوريّ: مادّةٌ حاويّةٌ للطاقة تكوَّنَتْ من بَقايا نباتاتٍ أو حيَواناتٍ ما قَبْلَ التاريخ؛ مثل الفَحْم والنِّفْط والغاز الطبيعيّ. (Fossil Fuel)

مُصْطلَحاتٌ حاسوبيّة

أجهزة مُحيطة: جُزْءٌ من المَنْظومة الحاسوبيّة خارِجَ جِواءِ الحاسُوب، كلَوحةِ المَفاتيح أو الطابِعة. (Peripherals)

أسكي – المَدْوَنة الأمريكيّة لِتَبادُل المَعْلومات: مَنْظومةُ الشيفرات المُسْتَخْدَمة لِتَمْثيلِ الحُروفِ والأعدادِ والرُّموزِ الأُخرى. (ASCII)

إنْتَرْنت: شَبَكةُ اتِّصالاتٍ تَرْبِطُ الحواسيبَ في سائرِ أرجاءِ العالَم. (Internet)

بايْت: ثمانيةُ بِتّات (Byte)

بِتّ، رَقْمٌ ثُنائيّ: أصغَرُ قِطْعةٍ من البَيانات. (Bit)

بَرمجيّات، بَرامِجُ الحاسُوب: الاسْمُ المُعْطى لكافّةِ البرامِج والأنظمة المُستَخْدمةِ لِتَشْغيلِ الحاسُوب. (Software)

بَرنامج: مَجْموعةُ تَعليماتٍ مُتَواليَةِ الترتيب تُستَخْدَمُ في تَنْفيذ عَملٍ مُعيَّن. (Program)

بَيانات، مُعْطَيات: مُصْطلَحٌ عامٌّ للمَعْلومات أو البَيانات التي يُعالجُها الحاسُوب. (Data)

حاسوب إيوانيّ: حاسُوبٌ رئيسيّ ضَخْم عادةً يُمكِنُ أنْ يَستَخْدِمَه عدّةُ أشخاصٍ في وَقتٍ واحِد. (Mainframe)

خَلَل: خَطأٌ في عَتادِ الحاسُوب أو بَرامِجه يُفْشِل عَمَلَه. (Bug)

خَوارِزْمِيّة: مَجْموعةُ القَواعد المُتَّبعةِ للتوصُّل إلى حَلٍّ حِسابيّ. (Algorithm)

رام (ذاكرةُ الوُصول العَشْوائيّ): ذاكرةُ حفظ المُعطَيات والبَيانات بانتِظارِ مُعالجَتِها. هذه الذاكرةُ تَفْقِدُ مُحْتوياتِها عندَ قَطْعِ دارةِ الحاسُوب. (RAM)

روم (ذاكرةُ القِراءة فقط): تُحْفَظ فيها البرامجُ والبَيانات الأساسيّة. هذه الذاكرةُ تَحْتفِظُ بمُحْتوياتِها عندَ قَطْعِ دارةِ الحاسُوب. (ROM)

شَبكة: مَجْموعةُ حواسيبَ مُترابطةٌ مُشترَكةُ المَعْلوماتِ والمَوارِد. (Network)

عَتادُ الحاسُوب: المُعَدّاتُ المادّيّةُ التي تُؤلِّفُ المَنْظومةَ الحاسُوبيّة. (Hardware)

عُنْصُر الصُّورة: عناصِرُ الصُّورة هي نِقاطُ ضَوْءٍ مُشَكِّلةٌ صورةً على شاشةِ العَرض في حاسوبٍ أو تلفاز. (Pixel)

فيروس، حُمَة: تَعْليماتٌ تَجْعَلُ الحاسُوبَ يشِذُّ في عَملِه كأن يُلْغي مِلَفّاتٍ مثلًا. (Virus)

قاعِدةُ (أو بَنْك) البَيانات: مَجْموعةُ بَياناتٍ مُنظَّمةٍ، يُمكِنُ فَرْزُها والإضافةُ إليها واستِعادتُها. (Database)

قُرْص: نَبيطةُ تَخْزين البَيانات. الأقراصُ الصُّلْبةُ ثابتةٌ في الحواسيب؛ والأقراص النَّزوعةُ مَخازِنُ بياناتٍ يُمكِنُ حِفْظُها مُنْفَصِلةً أو نَقْلُها إلى سَوّاقةِ أقراصٍ أُخرى. (Disk)

قُرْصٌ مُدْمَجٌ راسِخ (للقراءة فقط): نوعٌ من الأقراص المُدْمَجة يَحوي برامجَ ومَعْلوماتٍ حاسوبيّةً راسخة. (CD - ROM)

مُعالِجٌ صُغْريّ: مَجْموعةٌ قَويّةٌ من الدّارات الإلكترونيّة المُصَغَّرة المُنَمْنَمة على رُقاقةٍ سِليكونيّة، تُعالِجُ البَيانات في نَبيطة مّا. (Microprocessor)

مُعالِجُ كَلِمات: بَرنامجٌ يُتيحُ لِمُسْتَخْدِمي الحاسوب تَخْزينَ الوثائق وتَحْريرَها وطَبْعها. (Word Processor)

مِلَفّ: مَجْموعةُ مَعْلوماتٍ، كوَثيقةٍ أو صُورة، تُخْتَزَنُ تحت اسْمٍ معيَّن. (File)

مَنْظومةُ التَّشْغيل: البرامجُ التي تُشَغِّلُ الحاسوبَ وأجزاءَه العديدة. تبدأ منظومةُ التَّشْغيل عملَها في كُلِّ مَرَّةٍ تُوصَلُ فيها دارةُ الحاسُوب. (Operating System)

نَبائطُ إدخال: مُعَدّاتٌ تُدخِلُ المَعْلوماتِ في الحاسُوب، كفارةِ الحاسُوب أو لَوْحةِ المفاتيح أو المِفْراس (الماسِح). (Input Devices)

وَحْدةُ العَرْض المَرْئيّ: شاشةُ العَرْض المُسْتَخْدَمةُ في الحاسوب. (Visual Display Unit)

المَسْرَد العامّ

ب

ت

خ

د

ذ

ر

ز

س

ش

ص

ض

ط

ظ

ع

غ

ف

ق

م

ن

هـ

و

ي

المَوسُوعَةُ العِلميَّةُ المُعاصِرَة

كتب الفراشة – المَوسُوعَةُ العِلميَّةُ المُعاصِرَة

هٰذِهِ المَوسوعَةُ الجَديدَةُ الرّائِعَةُ تَضَعُ المَبادِئَ العِلميَّةَ الأساسيَّةَ في مُتَناوَلِ وَاستيعابيَّةِ كُلِّ طِفل. فالنَّصُّ المُوثَّقُ الواضِحُ المُختارُ مِن عُيونِ المَصادِرِ، في شَتّى مَناحي العِلم، وَالمُعَزَّزُ بِرُسومٍ وَصُوَرٍ تَفصيليَّةٍ مُعَبِّرَةٍ يَجعَلُ مِنَ المَوسوعَةِ العِلميَّةِ المُعاصِرَةِ المَرجِعَ المُتَمَيِّزَ لِلمَعلوماتِ وَالأبحاثِ العِلميَّةِ لِلناشِئين. فَهُم سَيَجِدونَ في تَصَفُّحِها مِن حينٍ لآخَرَ لَذَّةَ وَمُتعَةَ الاكتِشافِ العِلميِّ وَالمَبادِئَ الفاعِلَةَ في الكَثيرِ مِنَ الأجهِزَةِ وَالإنجازاتِ العِلميَّةِ العَمَليَّةِ الَّتي يَنعَمونَ بِها هُم وَأهلُهُم.

بَعضُ المَعالِمِ المُمَيِّزَةِ لِهٰذِهِ المَوسوعَة:

أَحدَثُ الإنجازاتِ العِلميَّةِ مُفَسَّرَةً بِإيجازٍ مُيَسَّرٍ مِن قِبَلِ اختِصاصِيّينَ في مَجالاتِهِم،



أعمالٌ فَنِّيَّةٌ أخّاذَةٌ وَمُستَقطَعاتٌ مُصَوَّرَةٌ وَحَواشٍ وَتَعليقاتٌ تَشرَحُ وَتُبَسِّطُ حَتّى أعقَدَ الرُّسوم،



تَركيزٌ عَلى مَنحَيَين – تَوفيرِ مَرجِعٍ سَريعِ المُتَناوَل، وَفي الوَقتِ نَفسِهِ مَعلوماتٍ دَقيقَةٍ مُوَثَّقَة،



سِيَرٌ مُوجَزَةٌ مُصَوَّرَةٌ لِمَشاهيرِ العُلَماءِ وَالمُختَرِعين



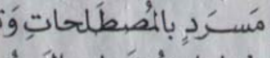
إبرازُ مَعالِمَ وَأنشِطَةٍ لافِتَةٍ تُشَجِّعُ النّاشِئينَ عَلى سَبرِ وَاستِطلاعِ مَواضيعَ مُعَيَّنَةٍ تُهِمُّهُم



تَتَضَمَّنُ الأحداثَ وَالاختِراعاتِ وَالاكتِشافاتِ العِلميَّةَ الهامَّة، وَقَوائِمَ وَجَداوِلَ بِالوَحَداتِ العِلميَّةِ وَتَحويلاتِها



وَفي نِهايَةِ كُلِّ مَبحَثٍ مَأطورَةُ إحالَةٍ إلى مَواقِعِ المَواضيعِ ذاتِ العَلاقَةِ بِمَدارِ البَحث،



إضافَةً إلى مَسرَدٍ بِالمُصطَلَحاتِ وَتَعريفاتِها، وَمَسرَدٍ شامِلٍ بِمُحتَوَياتِ المَوسوعَة

مَكتَبَة لُبنان ناشِرون